

通俗数学名著译丛

YOUXI
ZIRANGUILÜ ZHIPEI OURANXING

[德] 曼·艾根　乌·文克勒 著
惠昌常　董书萍 译

上海教育出版社

游戏

——自然规律支配偶然性

责任编辑 叶中豪

游 戏
——自然规律支配偶然性

YOUXI
ZIRANGUILÜ ZHIPEI OURANXING

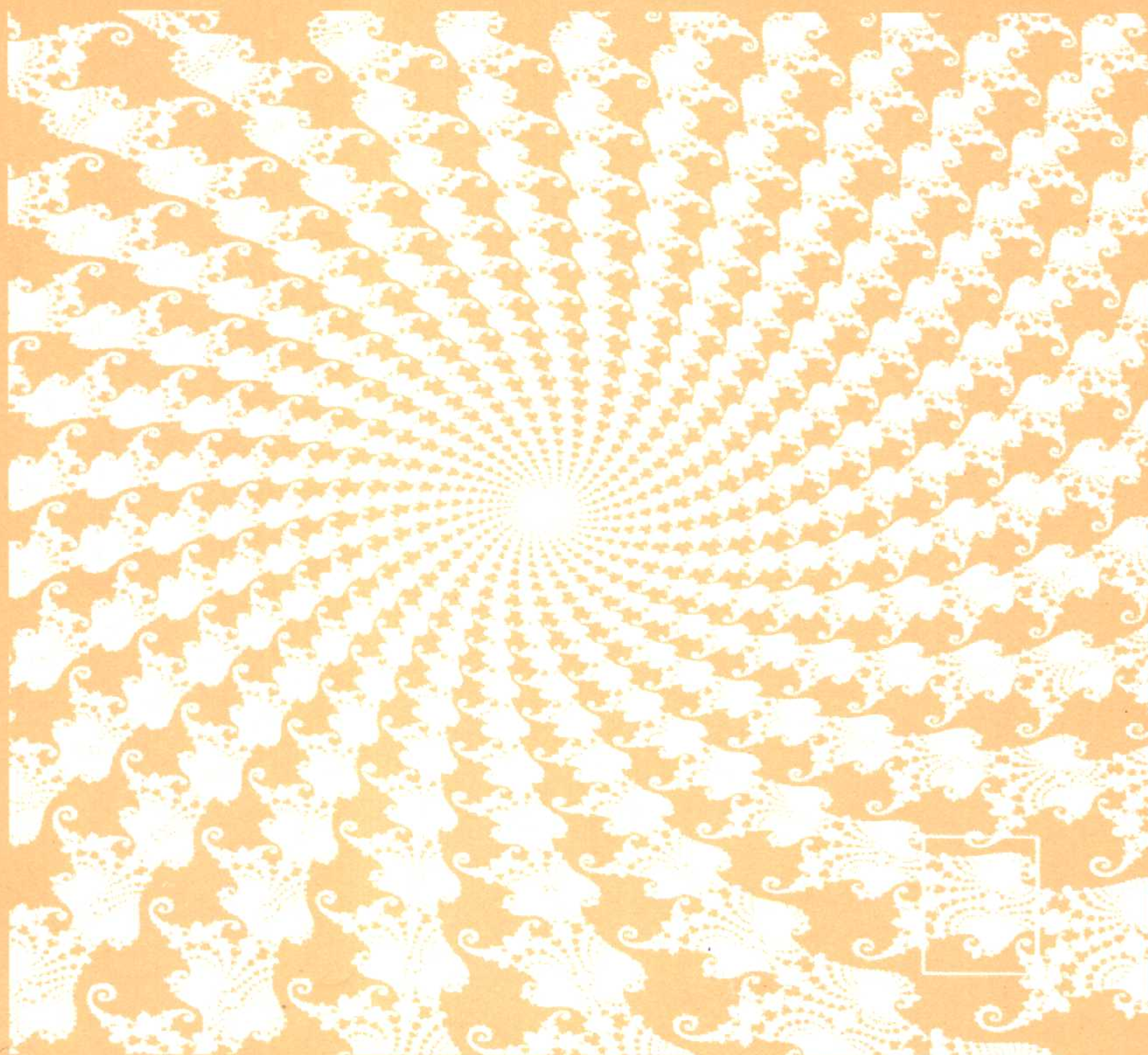




游 戏

——自然规律支配偶然性

[德] 曼·艾根　乌·文克勒 著　惠昌常　董书萍 译 ● 上海教育出版社



Manfred Eigen
Ruthild Winkler
Das Spiel
Naturgesetze steuern den Zufall
Piper München Zürich

根据派普出版公司1996年5月第四版译出

图书在版编目（CIP）数据

游戏：自然规律如何主宰机会／（德）艾根，（德）文克勒著；董书萍译．—上海：上海教育出版社，2004.12
（通俗数学名著译丛／史树中，李文林主编）
ISBN 7-5320-8725-5

Ⅰ.游...　Ⅱ.①艾...②文...③董...　Ⅲ.数学—普及读物　Ⅳ.01-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第139378号

通俗数学名著译丛
游　戏
——自然规律支配偶然性
［德］曼·艾根　乌·文克勒　著
惠昌常　董书萍　译
上海世纪出版集团　上海教育出版社　出版发行
（上海永福路123号　邮政编码：200031）
各地新华书店经销　昆山市亭林印刷有限责任公司印刷
开本850×1156　1/32　印张11.5　插页4　字数264,000
2005年1月第1版　2005年1月第1次印刷
印数 1-5,000本
ISBN 7-5320-8725-5/O·8　定价：（软精）30.00元

开創新世紀的

数學文化

陳省身

二千年十一月

译丛序言

数学，这门古老而又常新的科学，已阔步迈进了21世纪.

回顾过去的一个世纪，数学科学的巨大发展，比以往任何时代都更牢固地确立了它作为整个科学技术的基础的地位. 数学正突破传统的应用范围向几乎所有的人类知识领域渗透，并越来越直接地为人类物质生产与日常生活作出贡献.同时，数学作为一种文化，已成为人类文明进步的标志.因此，对于当今社会每一个有文化的人士而言，不论他从事何种职业，都需要学习数学，了解数学和运用数学.现代社会对数学的这种需要，在未来的世纪中无疑将更加与日俱增.

另一方面，20世纪数学思想的深刻变革，已将这门科学的核心部分引向高度抽象化的道路. 面对各种深奥的数学理论和复杂的数学方法，门外汉往往只好望而却步.这样，提高数学的可接受度，就成为一种当务之急.

一般说来，一个国家数学普及的程度与该国数学发展的水平相应并且是数学水平提高的基础. 随着中国现代数学研究与教育的长足进步，数学普及工作在我国也受到重视. 早在60年代，华罗庚、吴文俊等一批数学家亲自动手撰写的数学通俗读物，激发了一代青少年学习数学的兴趣，影响绵延至今.改革开放以来，我国数学界对传播现代数学又作出了新的努力.但总体来说，我国的数学普及工作与发达国家相比尚有差距.我国数学要率先赶超世界先进水平，数学普及与传播方面的赶超乃是一

个重要的环节和迫切的任务.为此,借鉴外国的先进经验是必不可少的.

《通俗数学名著译丛》的编辑出版,正是要通过翻译、引进国外优秀数学科普读物,推动国内的数学普及与传播工作,为我国数学赶超世界先进水平的宏伟工程贡献力量.丛书的选题计划,是出版社与编委会在对国外数学科普读物广泛调研的基础上讨论确定的.所选著述,基本上都是在国外已广为流传、受到公众好评的佳作.它们在内容上包括了不同的种类,有的深入浅出介绍当代数学的重大成就与应用;有的循循善诱启迪数学思维与发现技巧;有的富于哲理阐释数学与自然或其他科学的联系;等等,试图为人们提供全新的观察视角,以窥探现代数学的发展概貌,领略数学文化的丰富多采.

丛书的读者对象,力求定位于尽可能广泛的范围.为此丛书中适当纳入了不同层次的作品,以使包括大、中学生;大、中学教师;研究生;一般科技工作者等在内的广大读者都能开卷受益.即使是对于专业数学工作者,本丛书的部分作品也是值得一读的.现代数学是一株分支众多的大树,一个数学家对于他所研究的专业以外的领域,也往往深有隔行如隔山之感,也需要涉猎其他分支的进展,了解数学不同分支的联系.

需要指出的是,由于种种原因,近年来国内科技译著尤其是科普译著的出版并不景气.在这样的情况下,上海教育出版社按照国际版权公约,不惜耗资购买版权,组织翻译出版这套《通俗数学名著译丛》,这无疑是值得称道和支持的举措.参加本丛书翻译的专家学者们,自愿抽出宝贵的时间来进行这类通常不被算作成果但却能帮助公众了解和欣赏数学成果的有益工作,同样也是值得肯定与提倡的.

像这样集中地翻译、引进数学科普读物,在国内还不多见.值得高兴的是,这项工作从一开始就得到了数学界许多人士的赞同与支持,特别是数学大师陈省身先生两次为丛书题词,使我

们深受鼓舞.到目前为止,这套丛书已出版了近20种,印数大多逾万,有的已经是第四次印刷,这对编译者来说确是令人欣慰的信息.我们热切希望广大读者继续关心、扶植这项工作,使《通俗数学名著译丛》的出版获得更大的成功.

让我们举手迎接数学科学的新的黄金时代,让公众了解、喜爱数学,让数学走进千家万户!

《通俗数学名著译丛》编委会

2001年8月

前　言

一个对自然科学感兴趣的读者会在这不断涌来的大量信息潮面前感到无能为力，他可能常常感到自己像是扮演着一个法官的角色，在他面前出现的这些不同的作者，就像争辩的、要求公正的当事人一样. 如果这些人只将各自情况中许多相关的部分陈述出来的话，那么他将会很快地作出决断，每个人所说的都是对的.如此一来，评论家们就会出现在电视上，并且抗议说，所有人都是同样正确的，这怎么可能呢？因为至少有一个人讲的是其相反的一面.这时，每位读者都毫无例外地会说，评论家说的是正确的.

这个熟知的(由我们作了些改编的)趣话包含着这样一个道理：全体共存时的正确性，实际上在个体单独时未必也仍然正确.

在我们这个世界上所发生的一切就相当于一个大的游戏，在这个游戏中，从一开始，游戏的规则就确定了，而且只有这些规则才是容许的客观知识.游戏本身既不等同于游戏规则，也不能等同于由许许多多取决于偶然性的单个环节而随机构成的一个链.它之所以不是其中的任何一个，是因为它两者皆是，而且具有无穷无尽的方方面面——如此之多以致人们以问题的形式加以探索.

我们把游戏看作是一个自然现象，它在偶然和必然这两者中是根据所有发生的事件作为基础的.由此出发，在我们的解释

中,对赫层嗄(Huizinga)关于人类的作用做了进一步的发展.在
【11】对艺术的应用方面,我们对游戏概念的一般化要优于Adornos的理解,而后者是与赫层嗄把艺术和游戏相等同的观点截然不同的.

我们的想法的出发点是几年前所发展的近代分子理论以及那些和它相关的为探索自然现象,像平衡、挑选,增长所做的游戏模型.由于我们在这本书中经常要用到来自生物学领域的例子,因此这本书的框架本质上是很有趣的,它包含了自然科学、哲学、社会学和美学的观点.在这里我们把游戏表现在它的可变性和符号性上,并且反映游戏在我们对世界认识中交错的方面和对它现存的世界观.我们知道,我们是与那些只注意一个方面成立的人的观点相矛盾的.

这本书的手稿起初是根据许多交谈和讨论,其中很大部分是与朋友和同事在我们的Engadiner冬季讨论班,在山间散步的路上和滑雪旅行中(还有在Veltliner)讨论而形成的.当初这些交谈是作为交流我们思想的一种表现形式,随后我们就改变了这种想法,经典的对话完全被发现和构造出来,比如,Simplicio和Salviati是从伽利略那里得到自己的角色的,因此,我们决定由两人交替式的来处理有关材料,即所谓的Punctum contra punctum.

我们还用自己的想法来考察对我们来说是外行的一些领域.对此,可能人们认为我们横向地去考察问题的做法,以突出自然和精神上的统一,这样的努力是好的.

关于这本书的内容我们只想在此提及那些其特点与书名相照应的地方.每一章的引言也是紧扣所论的问题,它不是简单地总结其内容.

偶然和规律是游戏的本质.这本书的副标题暗示着它们的交替关系,在这里——更准确地来说——要补充的是它们是偶然的结果,在这个结果的后面便是一个支配的规律.在个体事件

的大数问题中偶然消失，而有统计规律的控制，这种现象举例来说吧，也适用于描述进化过程中，平衡和自强现象随机波动的自我控制.在发展交流我们自身想法的语言过程中，基因码的形成是具有艺术想像力的理想游戏，它们无不基于进化的基本原理，尽管这些游戏的结果在每个个体环节上都依着于偶然这家伙的情绪和它善于变化的乐趣. 【12】

在空间和时间里，物质游戏的阐明，它对人类的影响首先作为本书的中心章节加以讨论.在阐述分子生物学的表现上，我们是和杰克·蒙诺特(Jacques Monod)完全一致，而在涉及对人类和社会所产生的后果方面又是同杰克·蒙诺特截然不同. 在杰克·蒙诺特关于生命与社会的存在观念的理论中，我们看到了偶然起的作用具有万物之灵这样的价值. 这就使规律性作为互补的这一方面进一步没有得到关注.对于必然性庸俗的、高度评价的(我们认为这是应有的)批评不应该成为对它的显然已有的影响进行完全地抵毁.

我们完全同意杰克·蒙诺特，如果他说，道德和知识(智慧)并非毫无关系地平起平坐，在此我们理解的是一个伟大宗教的使命而不是对它的诽谤："自然科学对上帝的证明，这样的事简直少得可怜.同样，人类不需要对上帝的信仰，这样的假设也少得可怜(参见197页)."

自然的统一表现在它的有规律性.这就是说，表现在它的结构之间的关系，很少在于结构自身.由此出发，我们在第四部分研究了一系列在新的时期越来越多地受到自然科学关注并且至今还未解决的问题. 知识的认识机制首先是我们讨论的对象.在基本细节方面这个总是与鲍波(Karl Poper)意义下的仿制.但是我们却不能完全同意这位伟大的认识逻辑学家的观点，特别是当他认为："根本就不存在归纳法"时. 【13】

也好！——但是存在着不同的仿造机制，它们在归纳的适合程度上是互不相同的.

本书的主要基点之一是第三部分. 在这里我们首先阐述了我们的知识的某些（不可避免的）负面影响. 多仁玛特（F. Dürrenmatt)的“范畴”要求:“凡涉及大家的事,只有大家一起才能解决”正好也是适用于物理学家,因为他们运用自己的知识具有能够驯服大自然的能力,这就像要求生物学家一样,因为他们能知道遗传物质的操控方法或者心理行为的药理影响. 这种呼吁并不次于经济学家和政治家常说的，要为有生存价值的生物创造、保持和稳定它必需的生存条件.

水墨画由于它简朴明了今天更为流传. 但仅通过节约水墨是不能解决资源有限这个问题的.根据目前的消耗速度,原料大约在50年以后就会用光,也许通过压缩消耗(在不影响经济稳定的情况下)可延续到一百年以后.或者换句话说:灾难只是延缓五十年而已. 难道人们不应该全力地关注毫无保障的资源吗?——通过对循环生产经济中原材料的调控以及关闭那些庞大的能源消耗源来实现能源节约.当然要解决这个问题,实际可行的是人口增长要停止,而不是减少世界人口作为一个前提条件.

我们应该知道:人类既不是大自然的不速之客,但也不是主动地,不言而喻地会检点自己的行为的.人类是在巨大的游戏中一个还不知其出发点的参加者.它必须全力锻炼自己,使自己成为一个游戏者而不是随机的游戏球.

曼佛瑞德·艾根

乌特德·文克勒–奥斯发梯什

【14】 哥廷根,1975年9月

目　录

第一部分：偶然的可驯服性

物理研究清楚地证明了至少对相当多的一部分事件过程，它们的规律性和稳定性导致了一般因果关系的产生，这种观察到的严格规律性的共同根源就是偶然性.

爱尔文·薛定锷 (E.Schrödinger)：《什么是自然规律》

(在苏黎士大学的就职演讲，1922年)【15】

第1章　游戏的起源

游戏是一个自然现象，它从一开始就依着于宇宙的运行：物质的形成，有生结构的组织以至人类的社会行为.　【17】

游戏的历史可以追溯到很早的时间. 那时，原始爆炸的能量，使一切都在变动，物质互相冲击交织在一起，不休不安；有序的力量试图汇聚.这种互相冲击力，驯服了偶然性.然而这种力量所创造的不是晶体的僵硬的秩序，而是有生机的秩序，这种偶然从一开始就是规律性力量必然的对手.

偶然和规律是游戏的基本要素，首先从最原始的微小部分，从原子和分子开始，现在更进一步从人类的脑细胞进行研究.游戏不是由人类发明的，而恰恰相反，是《游戏而且只有游戏完全地创造了人类》.[1]

难道我们的一切能力不是来自于游戏吗？首先来看肌体和肢节的游戏：互相协调的行走动作就是在没有目的乱抓和乱蹬中逐渐形成的.因此游戏的意义是：从玩耍的好奇变成深刻的知识.从颜色、形状和响声的游戏中创造美好的艺术作品.爱的起初也始于游戏：眼睛的秘密传情，跳舞、思想与感情的交流，倾心相好，——在梵语中称这种爱情者的交流为Kridaratnam，《游戏中的珍宝》.[2]

每个游戏都有它的规则. 通过这些规则使得游戏与外部世界和现实区分开来，而且具有自己的自身标准.如果人们做一种

游戏,那么他就必须遵守这些规则.否则就是这种游戏的一个破坏者.像在社会活动这种游戏中,这些规则就是人们事先商量好的一些约定,它支配整个游戏的过程,并且定义了这个游戏的价值标准，但是其间偶发事件也可能对游戏的起初设想产生影响并使它朝着自发性的游戏过程发展.生活就从这样的游戏开始，我们的思维和想法就是如此不断地进行着游戏.

> “在力量的巨大王国和法规的神圣王国中,美学的教育本能无意识地在游戏和现象的快乐王国中形成，在这里它取掉人们之间各种人际关系的枷锁，并把人们从所有那些无论是体力还是精神上叫做压迫的东西中解脱出来.”[2]

【18】

我们将探究来源于时间深处并在我们无穷无尽的思维中完成的这种偶然和规律的交替变化.这正是同玻璃珠游戏一样,其想法来源于现实.用我们文化的整体内容和价值作为一个游戏,哈尔曼·海斯对此作了如下描述：

> 人类在它的开拓时代所创造的高级认识思维和艺术作品，以及在之后的时期由此经验而得到的概念进而形成的知识财富，这些巨大的精神财富就像一个演奏者的管风琴一样由玻璃珠游戏者作着游戏，而这个管风琴却是无法想像的完美,它的键盘和踏板能触及整个精神宇宙,它的内容几乎是无数的,理论上来说,用这台乐器可将整个精神世界的所有乐章在演奏中重现.”[3]

玻璃珠中隐藏着某些神秘的东西. 光的反射和折射使它能发亮.在我们游戏想像中的反映,它是唤起生活,它所象征的意义是对无常变化、经常变形的征服:即从原子到晶体,从分子到基因,从有生细胞到有智力的生物,从符号到逻辑,从音符到和

谐的音乐.它的命运也是托付给骰子的,即它视而不见地遵循着游戏中的规律.——就像在自然界中偶然按照物理规则的轨道发生一样.掷骰子和出现的规律,它们是偶然和自然规律的象征.【19】

第 2 章　团体游戏——社会的游戏

在彩票中，或者策略游戏中或者在这两者的组合游戏中，同值现象大量出现的可能性保证了每个游戏“历史的”独特性. 游戏过程的连续结果是事件发生所形成的事件树的复杂分枝的条件，每条路径被选择的偶然性在骰子正反面出现的不确定性以及对方所选择的策略的未知性中有它的原因. 游戏的理论确定了对每个情形较为适合的最好策略的判别. 这样一些判别准则对于经济和政治中的问题也是同样适用的.

【21】

2.1　幸运和倒霉

在游戏的王国中偶然性有一个特别的名字，我们称它为幸运，如果我们获胜了.相反，若给我们带来不利，我们就称它为倒霉，这样，我们就把游戏从它起初的相互关联性解脱出来了.

最单纯的、同时也是最古典的赌博形式就是抽彩中奖.它的诱人之处就是表面上显示出来的和过分夸张的赢利，比如，要么是很多的钱或者只是一个小小牙膏.是的，即便是一个小小的得益，也足以点燃人们的热情，成为这种游戏的发烧友.相反没有任何赢利会使人们失去兴趣.在这里，偶然性就是偶然性，没有什么幸运和倒霉之谈.

具有独特性的是，我们并不只是把抽彩作为一种“幸运游戏”，而且它也是一种赌博.人们知道，赢的机率是非常小的，因

此，人们从一开始就有所准备，而只是希望最后结局会出现惊奇——那就是幸运.

也有一种叫做倒霉游戏的,例如:“何必生气”这种游戏,这里倒霉的情况是有意识地被引起的,它支配着最终的游戏结果.在这种游戏中，如果人们一路上战胜了困难而几乎都要达到目的时,因失利而被驱出游戏,难道不生气吗?

为什么孩子们那么喜欢玩“何必生气”呢？难道只因为大人们常常对他们说,正是这样才带来乐趣,并且有助于他们在今后的生活中,较容易地从不愉快的事情中解脱出来？或者说,他们更喜欢的是其中的幸灾乐祸,即把他人从游戏中驱出来?而为此承受着自己本身也会被驱出的危险来玩的呢?

从本质上来说，这个仅仅只靠偶然性而生存的游戏和那些由变化很少而完全确定的游戏是一样的枯燥.就拿连珠棋*来说吧,人们根据自己的经验总是可以取胜的,当然,前提是,他得先下第一个棋子并且在以后的过程中非常小心并且不失误. 【22】

这只是一个巧合!

那么什么叫做不失误呢?这就需要人们对对方有所深思的招手——大多数都是计算了好几步——进行全面的分析而采取“正确”的应招.像这样一个精确的情况区分是和一个具有许许多多的叶和枝的判断树一样的(见图1).即使是在每个叉处只有两种选择(见图2)的情况,人们也很快就会迷茫于那些可能使用的招法的密集枝叶之中.这样一来,一些人也就没了对游戏的兴趣.

于是,人们最好还是相信自己的感觉.然而,请注意,感觉也会使人受骗而产生不快.如果人们可选择的话,人们将会决定选择两种都有诱惑力的哪一种呢?是选择可到手的一百万马克,还是选择开始是一芬尼，每日增加一倍，而相持一个月所得的钱呢?

* 双方各九个棋子,当一方走成一线时,就可以吃掉对方一子.



图1 加利福尼亚湾的科罗拉多河的入海口区域是一个巨大的《判断树》.在白雾状的水流中,水流动的多种分支是通过在潮汐中水的向前和向后的流动形成的.(比例1:20 000——该照片是得到了美国Aro service Corporation,Philadelplia,Pa.的友好同意的).

【23】

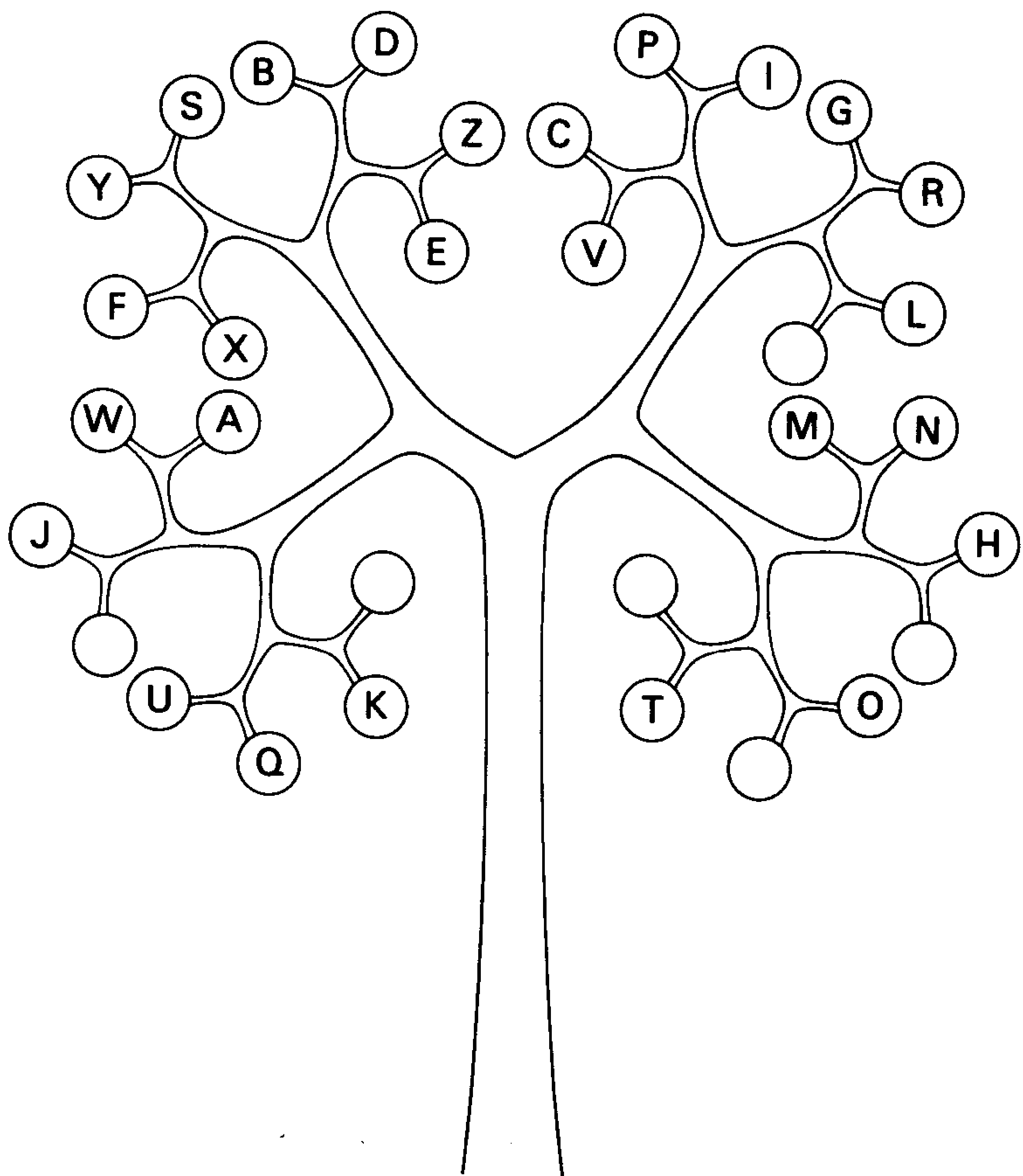


图2 《判断树》在这里判断树的原理与电报密码的表示相似.人们成功地将每个叶片与5个2值判断相对应,其中对每个叉选择或者是右边的(0)或者是左边的(1).例如字母“R”是通过字码[01010]而给出的.

【24】

在快速作出选择时，人们根据感觉很可能选择那个一百万马克,因为感觉是可观的一笔资金.难道还会冒什么危险?

但是第二种选择会使人们收效更好. 特别是选择正确的月份.这样第31天,人们可得到107 371 418马克24芬尼.

经济学的行家们经常会遇到类似的情况：当时的现金付款还是预期付款,他们决不可以光凭自己的感觉.否则后果也可能很糟糕.在这种情况下,在大脑中(或在笔记本上)有一个很清楚的判断树的整体枝貌是很有好处的.

我们来考察一个具有有限判断树的游戏吧,最好,在这个游戏中,我们大家是同等地进行游戏,于是我们需要一个对手,因【25】为我们是要做有竞争的游戏.

表格 1　玻璃球游戏“请拿”

一个任意多数目的(但不是很少数目的)一堆玻璃球,随意将其分成许多部分后,再将它们排成不同的行或者将这些部分排在游戏板上(见图3).

图3　《请拿》.8组有色球在游戏开始前就被排成8个不同的行,每次允许游戏者移开任意多的球——但必须是在同一行.

两个对手轮换——一个人动一次后就轮对手——减少球的个数，每次允许拿开一个，多个或者全部，而每次拿开的球必须是来自一个相同的行。谁拿到最后一个球，谁就是胜利者.这里的妙技就是要迫使对手拿走倒数的第二个(或者第二堆，以此来确保自己最后一步能拿到最后一个.)

这个也许是起源于中国的游戏在20世纪初由美国数学家查理·包顿再次发现并作了详细分析.他也把它叫做《请拿》——这是来源于古英语，我们无需费力将它翻译成德语中的《请拿》. 【26】

那个由包顿费力找出的一个保证能赢的方法，我们在此不作披露，不然，这个游戏就失去了一半的吸引力.

2.2 游戏理论

对我们来说，重要的不是怎么去赢而是如何能够控制性地赢这个游戏，特别是在先下第一手的时候.只要人们不知道赢的妙计，为了保险起见，那就必须在自己走每一着之前对判断树的所有支杆在头脑中思考一下，数学上对这个游戏的精确分析早已有了.用游戏理论的语言来说，《请拿》就叫做一个具有完全信息和最优策略的有限“二人零和游戏”，这是一个干枯而富有哲理的说法，其意思不外乎是：

1. 这个游戏由两个人来玩.

2. 在有限步后该游戏可结束.

3. 总有一个是赢的，而另一个人是输的，即赢和输的和是零.

4. 对于走第一步的人来说，有一个唯一的走法，它不依赖于对手的应招，而能获得胜利.

这种游戏方式的前提条件当然在理论上的处理是理想化的.因此可以得到一个“必胜”的策略，它成了这个游戏过程中最后结局的至关重要的程序.

在经济领域，互相关系一般说来不是这样的简单.最优方案

【27】多半不是一开始就可以决定的，它依赖于——在许多决定因素下———一系列外部影响，这些或多或少事先是无法预见的.在这种情况，人们只能用概率的观点来尝试达到在给定条件下可能出现的最好结果.

这就是游戏理论中特有的提出问题. 它的开创者是匈牙利的数学家，约翰·冯·诺伊曼.他从1933年起一直到他逝世的1957年在美国普林斯顿《高级研究院》富有情趣的气氛中工作和教学. 游戏理论从一开始就是为解决经济问题而提出来的. 约翰·冯·诺伊曼和奥斯卡·莫根斯坦恩的最主要著作的标题就是《游戏理论和经济行为》，这个理论不仅在经济领域有许多应用，而且在社会、政治和决策领域也有许多应用，并且构成了今天未来学的基础.

我们试图将这一还未作深入的数学探讨的理论的知识，在此初步地作一描画.* 大家所熟知的是"剪子、石头、纸"游戏，这同样是二人零和游戏，但是它既没有完全信息也没有最优策略.而且也不是有限的(只要人们对自己不作时间上的限制).在某种程度上这是一个与上面所述的《请拿》完全相反的例子.因为没有一个游戏者能够将对手的随意的决定预先计算出来，因此，也不存在一个最优决策. 每一步都可以是一个完整的游戏且有一个赢者和输者.

为了对一个游戏以及它的过程进行理性的描述，对两个对手之间互相进行的所有可能的判断和采取的策略进行记录和相应的估值是合乎目的的.像这样的估值表通常叫做《选择矩阵》(pay off matrix).这里矩阵一词无非是表示表格，它是一个输赢表，在这张表上能够建立每个游戏者在合理的游戏过程中取胜

* 一个比较详细的研究，我们提请读者参考莫顿·戴维斯所著的很直观的小册子《给非数学工作者的游戏理论》，奥尔登堡出版社，慕尼黑·维也【28】纳，1972年.

的决策.

对于“剪子、石头、纸”游戏来说,选择矩阵,如下:

第一游戏者 \ 第二游戏者	石头	剪子	纸
纸	○	−	+
剪子	+	○	−
石头	−	+	○

一个正号表示第一个游戏者赢,因为是零和游戏,所以也表示第二个游戏输.相反,负号表示第一个游戏者输(第二个游戏者赢),而零表示一个中性结果,即没有定出胜负,这种情况是在两个对手相互独立地作出了相同的决策时会发生的.

在具有完全信息的零和游戏中列出这样的矩阵是没有多大意义的.因为在这种情况下,游戏总可以操纵性地进行,对于一个参赛者来说,总可以通过一系列相互联系着的决策来取胜,而无需顾及对手所采用的反制措施,无疑人们必须确切地分辨出一个“原则上”完全的信息和一个“真正有用”的信息.如此看来,这些“原则上”确定着的游戏像Dame,国际象棋,围棋等最终在其游戏过程中还是不能预先知道的.像国际象棋,它的完全信息是比较复杂的一个自然性,就连很大的计算机也不能作出肯定【29】的对策来进行一次“将”军.因此,作这种游戏时,在选择表中不同的策略可以互相比较并加以评估.当然,在这种选择表(或矩

阵）中通常会由于不规则的多变性而在开始的几步就会变得使符号表示十分复杂和不直观.

大多数的扑克牌游戏基于它们的规则，实际上是一个具有不完全信息的游戏.在这里选择矩阵表明,人们怎么样走才是最好的一招,就是说,用哪一个策略来对付对手不同的反映,比如,是出较大的牌来抑制,还是根本就不管,任它自由呢?

在对手努力争取胜利并为达到自己的目的采取一切干扰对方的措施时，在大多数情况下当然总是存在着关于对手意图的某些提示的.相反,在特定游戏中,人们却一点也没有对方意图的信息,因此,选择矩阵对于策略的选用也就没有什么贡献了,它只是对所有可能同时发生的事件做一个简练的记录.

游戏理论的意义和目的就是在选择矩阵的基础上来研究最优取胜,也就是说,每步决策如何最优化使得在最后的胜利中其目的真正得以实现.与此相关,具有伟大意义的是1928年约翰·冯·诺伊曼用数学证明了的极大极小定理,这个定理说,在一个有限的两人和游戏中,总有二者之一能取得平均取胜值V,这句话的意义是:

Ⅰ.参加者甲选择一种策略,它保证了自己的取胜值为V,不管参加者乙是否也选择该策略.他总可以努力,至少去获得该取胜值.

Ⅱ.另一方面,参加者乙采用防卫策略,用以防止他自己所失多于取胜值V.因此,他可以挫败参加者甲的计划:获取多于V的取胜值.

Ⅲ.因为参加者乙失掉了参加者甲所赢的,因此,他将会进一步去关注,不让参加者甲再为自己谋求多于取胜值V的机会.

【30】

第三个条件是在第二个条件下提出的，这是因为这个条件只在零和游戏下表示一个理智的应招．参加者甲的得利对参加者乙来说是一个眼中钉,这只是在他必须承担他的损失时.通常

情况下,参加者乙不是那么可恨的,也不会常给对手制造困难,只要没有暗藏什么客观的利益. 因此两个对手要达到的目的就像平分将来的利益一样.这样,知情的竞赛者从一开始也将有所准备.从数学上来说,这里研究的是一个极值问题,而它的解决毫无困难,只要附加的条件确切固定下来.然而,正是在最优化问题中,这就完全不是那么回事.这些附加条件一般说来是变化着的,而且都是通过极小要求,或极大说明加以限制的.例如,它们可以像在经济中由下面的条件构成:不能超过一个最高价格,但这个最高价格可能随时都会变化;可利用的储存空间的界限或者是生产额的约束等等. 这些附加条件在一定的已知程度下都是可变动的而且在最优化的实现过程中必须权衡它们相互的重要程度.因此,在这些附加条件精确固定且为常值时,一个最优化比起考察唯一变化的曲线走势的一个极值——极大或极小来说,就不是很绝对的.

在经济中,最优化问题是普通的.当然,经济要正常运转,只有在人们尽职努力,将经济中的问题最理想地去解决.容易看出来,对于市场的竞争完全相似于零和游戏,当然,经济中大都没有零和游戏中的理论化条件, 而且竞争的对手也不限于只有两个对手.

《罗马俱乐部》所介绍的也是基于类似的想法.一个人在人口众多的世界里所赢得的,往往正是其他人所输的.一方面,生活水准提高了,而在另一方面生活质量也可能就降低了. 【31】

2.3 ……和人类的行为

我们不应该有这样的幻想, 人类可以通过一种几乎总是建立在理想化前提条件下的理论的帮助, 来完全控制现实. 奥斯卡·莫根斯坦恩在给莫顿·戴维斯著的关于游戏理论的书作序时写道:

“读者也会注意到事件形式的万般纷繁多样，他也自己可以确定，一个解释这种出现形式的理论应当是多么的复杂——与如此的一个理论相比，现代自然科学中很难的理论也只是简单地发挥着作用.”

当然这不是说，一个理论，它能解释人与社会的关系中事件的出现形式，而不遵循自然科学的思想.人类是进化的结果，而进化是基于统一的自然规律的. 人类的行为方式它可能是十分复杂的，最终也应该在自然科学的基本原理中找出它的原因.当然，这里的问题是我们将在一个怎么样复杂的领域里来考察问题.理论是以概念为条件的，它从现实中抽象出规律和模型，并将它仍以理想的形式表现出来，在一定的前提和边界条件下使其有效.游戏理论就是一个典型的这方面的例子.

因此，在游戏理论的实际应用中，最大的不确定因素是参加者的真正行为方式：难道他们将总是在游戏理论的意义下理智地行事吗？如果是，难道他们不是时刻都在试图通过使对手失望的策略将对手的计划成为泡影吗？如果一个理论上的对策想要将所有可能想到的方法都考虑在内，那么这个对策还应该进一步涉及到人们的心理活动.

为什么扑克游戏就那么被人们喜爱呢？与“明着”的游戏像皇后跳棋(Dame)，国际象棋、或者围棋相比，扑克是很少明着的.参加者既探测不到对手的意图，又不知道游戏中的整个情况.采【32】用虚张声势之法也可能容易地渡过不利的开局. 游戏规则自身大都是平凡的：有一个简单的常值表，按此行事即可.这些规则的掌握也无需特别的思维训练，生活经验要比抽象思维更具有决定性的作用.有这样一些人，他能掌握对手的心理活动，使得在游戏中轻而易举地赢了对方.

我们可以设想一下，在玩斯卡特扑克游戏时，若纸牌是明着的，这将是非常无味的.在这个游戏中，每个参加小组都有两个

同等无趣的阶段：a）预先将牌混在一起的开始状态，这是一个纯粹偶然性结果，称作洗牌，b）紧接着是一个由游戏规则支配的游戏过程，即一个简单的换牌.这种牌游戏整个最有意义的多样性也就在于这里. 它特别的影响只是在通过偶然性与规则的组合才表现出来. 通过不公开放着的牌使得在游戏过程中开始状态的偶然性发挥作用，于是人们便不可能确切预知游戏过程中的结果.由此，游戏被提高到一个完全崭新的高度.在明牌游戏中类似的效果也是通过规则的复杂化、组合可能性的扩大，即复杂程度的增加才达到的.桥牌也是这样的，其中牌是部分被盖着的.在它的规则中，有要比其他的牌类游戏更多的更苛刻的要求.

每个游戏的特别之处主要是通过它们独自的规则决定的，于是这些规则便创造出一个具有自身特点的而超脱现实的世界.它们大都是有意识规定的，但是它们的历史和传统上的来历却不可否认.在皇后跳棋和国际象棋中就存在诞生，但也有“死亡”，就像人们总是把吃掉一个棋子理解为死亡一样.这里的“死亡”情形不是指“自然的去世”，而是指占据和战斗的结果.游戏的过程不是相应于自然进化过程. 它更多地是表现人类行为中一个具有历史原因的方面.

也许到此，人们产生了这样的印象，好像每个游戏或者说每个动力都基于一种竞争或者甚至是一种战争.尽管如此，也有好多单人游戏，如摊摆牌，我们也知道一些真正合作的游戏，其基本思想在于一起合作游戏. 【33】

在他们的夏宫《Katsura》中，日本皇家成员踢一种足球，叫作《Kemari》（Ke=踢，Mari=球）.在这种足球游戏中，所有参加者在场地上围成一个圆圈跑动，并且要使足球不要掉在地上，而每个参加者自身的责任仅局限于不要让球错过——对于政治家来说多么好的样子！

连孩子们也都是首先从为了玩而玩开始做游戏的.本哈德·哈森斯坦[6]也指出，这是儿童游戏“自身具有”的特征.他还看到了

儿童游戏的后果效应，即在“真正的情况”下可能会有用场。但是，就像约翰·惠森嗄强调的那样，这些游戏的基本素质并不能涉及到孩子的思想性、能力的“进一步完善”.

为什么婴儿在逗乐时会发出吱吱唔唔的笑声？就像逻辑上理解所说的，这好像是本能给予孩子们纯机械的练习和反映的形式，它具有所有有用的功能，如多余能量的释放，紧张之后的放松，生活所需的准备以及以纯机械练习和反应形式给孩子们在非现实情况下的协调. 但是它也正好给予我们一种游戏，充满着紧张、快乐和趣味.

我们做游戏而且也知道，我们是在做一种游戏，因此我们不仅仅是一些理智者，因为游戏是非理智性的.

或许我们说得更好一些，游戏有它理智的一面.它只是在其自身具有意义.在《最后一幕》中，贝克特的主要人物作了这样的总结：“因为人们已经如此做了游戏，……，所以我们也就那样做游戏.”

第3章 微观宇宙和宏观宇宙

我们把基本元素,原子和分子的世界叫做微观宇宙.在这里发生着物理的所有基本过程，偶然在这些基本事件的不确定性中有其根源.只有在大数中,也就是在经常性的重复中,这些基本事件代表着宏观宇宙中物质的现象图.在统计叠加中个体过程的不清楚之处可以显露出来，其结果是一个确定性的关系.在特殊条件下,这种关系也可以变成基本过程的初步形式,从而成为微观宇宙“掷骰子游戏”中不确定性的宏观天文图.

【35】

3.1 偶然性

物质事件中的基本过程原则上不是一个精确的时空表现.对于很小的物质粒子的位置和速度的预报总是具有概率性预报特点.这个现代物理的基本条件体现在由维纳·海森堡关于量子力学的不确定性关系之中,它是说,人们根本就不可能同时确切地知道,什么东西在何处以及它是以怎样的速度运动着.就其本身而言,不确定性现象在经典的波动说中就已知道.如果人们想要辨清一个声音,那他就得仔细听上一段时间.假如一个接收器要接收这个声音的电磁波，那么它就必须至少要接收这个电磁波的一个甚至多个周期.否则的话,频率——单位时间的振荡次数——就不能精确地给出来.

物理学家理查得·费曼[7]说，测不准关系的基本意义是解释

了经典物理学的悖论：

人们知道正电荷和负电荷互相吸引，而且它们之间距离越小，吸引力越强.这个定律的量子化形式是以法国物理学家查理·奥古斯挺·哥伦布(1736—1806)命名的.那么人们是怎么样知道在原理上,正负电荷是以精细的分离出现的呢?这并不是因为带正电荷的原子核用它的质量充满着整个原子所占有的空间并且因此来阻止带负电荷的电子进入.原子核的空间大小与电子轨道的直径相比大约就像针头与圣·彼得大教堂上的大球(这是在临床中一个医学女大学生对一个有关问题做的肯定回答：《原子的绝大部分是由空气组成的》).

【36】 那么什么是阻止电子,在放射电磁能之下向原子核内碰入,并且与核相融合的呢？对此问题,理查得·费曼解释说：

> "如果电子在核中能够位居,那么我们就能将它的相对位置确切知道.因此,测不准原理就会要求电子具有一个很大(因为测不准)的脉冲,也就是一个相应的很大动能,它是非常地充足,能将电子立刻分开."

当然这样一个明了的思考只是说明——眼下也是唯一的——人们如何在我们思维不相容的抽象中利用经验定律来帮助自己.抽象的点、无限、连续、平行以及类似的东西在数学中是常见的,但在物理中就必须加倍小心.

认识论的好处,在于它是与测不准原理的引入相关的,其主要部分是放弃对事物的解释.随机思想在经典的物理学,至少从麦克斯韦尔和波兹曼开始就已经不是陌生的了.那时,人们仅仅是认为,统计的测不准性——原则上来说——缺乏具体知识,不是本质的自然性.这样的认识也存在于许多测不准原理的解释尝试中,它们大都是围绕着寻找那些未知的参数,其结果只得到与经验相一致的原理.

阐明是一个过程,它在我们的思维器官大脑中进行.一般来说,这里涉及到一个合作过程:“科学”的解释——有许多的小脑子,它们互相协调,其基本之处就是具有已知事态的可再生性,规则性以及能追溯到一个已认识的原因,甚至“可以解释”这样一些基本性质.

大脑首先是一个储存器官,但是这种储存是按照筛选标准作了筛选之后才储存的.受到意识影响的信息要被评审,这就是说要被过滤、分类,与已存的经验比较,做新组合以及最终加以序化.卡尔·鲍波[8]把这种筛选的过程作为一个本能的演绎.它类似于进化中的“学习过程”,在那里由选择上的错误而出现的遗传变异在经常的试验中被遗弃并且总是除了个别的以外都被“仿制”. 【37】

像概念化这样的事是完全可能的,其原因是所有自然事件的内在稠度、像和影像的稠度.此外,规律性几乎不可能重新产生并且对于所有个体来说,它也几乎不可能由头脑一致地反映出来. 构成理解的一大部分是把它作为知识接受并习惯于它.解释要达到最后的目的,那就是通过经验和实验来检验它.

从认识论来说,量子力学的结果意味着一个新的“维数”(度).路得维锡·维特根斯坦在他的《Tractatus》[9]中不正是如此肯定地倡导说:

> “能够讲出来的,就把它讲清楚,不能讲的,就必须沉默.”

当所有的结论只在一定的范围有其正确性时,人们凭什么可以完全“清楚”地讲呢?现代物理学的铺路人——像马克斯·普朗克;阿尔伯特·爱因斯坦和波动力学的奠基人,爱尔文·薛定锷,他们自己也从没有能够遵循测不准关系这个最新基本原理的结果.

卡尔·鲍波在他的书《研究的逻辑》中关于规律与偶然一题这样写道：

> “人们习惯上说，行星运动严守一定的规则，而掷骰子完全由偶然支配，根据我们的理解，之所以会有上述这样相对立的表述是因为到目前，我们能够成功地预测行星运动，却不能预知一个掷骰子游戏.要作预测判断，人们需要规则和边界条件；它能告诉人们，什么时候没有合适的规律或者这些边界条件不能确定.在掷骰子中，显然缺少这些边界条件；即掷骰子在充分精确的已知边界条件下，可以预测，但是‘正确’的骰子游戏规则却是如此选择的（摇动的），它使得边界条件的度量几乎无法协调.”

【38】

事实上现实中的许多事情之所以没有一个精确的描述，是因为我们对初始条件或者边界条件没有足够的认识. 在鲍波所选择的比较中，一个可计算的主要困难被忽视了，它不能作为边界条件的特殊形式来描写.

为了比较而比较吧，我们假设我们正在爬山旅游，这里就有一个明显的区别，我们是（在上山的路上）通过一个峡谷，还是后来沿着一条茅草小道向山顶行进.在第一种情况下，我们毫无担忧.我们是不是因为走错了一条小径而有点偏差，这是没有多大关系的，因为我们总会自然地回到谷底.而完全相反的是在茅草小道上行进，每个错误在这里都会意味着一场灾难.

在行星轨道问题中，（小的）干扰不会导致一场大的灾难，轨道曲线无足轻重，然而在骰子轨迹中，它常常是不稳定的状态.

法国数学家雷耐·汤姆基于微分拓扑建立了一种理论，用它可以来分析物质系统结构稳定性，他就把这种理论称为“灾难

学”.骰子投掷的轨迹曲线“包含”许多分叉点,在此处,一个小的干扰就可以完全决定下一步的命运.我们试设想一下,一个原子那么大小的且有理想化棱角的骰子,干扰的原因将会在那些位于棱条上的原子热运动的“醉谱”中去寻找.根据测不准关系,如此的一个醉谱当然是不可能事前预知得很详细的.人们可以常常计算出它的平均值.对一个稳定系统来说,这样的结果就足以将其宏观特性定论性地确定,而对于一个非稳定的系统就不是那么回事了,它无力抵抗那些抖动的微观干扰,因此,从微观的偶然性可以领略到一个宏观的图像.

这种基于现象类型上的差异对于研究随机确定的学问具有非常大的重要性.

【39】

所有我们感观的直接印象和经验都是来自宏观世界.但即便是在这个宏观世界,我们也已习以为常地认为,在大数的极限情况中,一个个别不确定事件自身也可成为定性的规律.

当我们要签一个保险合同时,那么真正的风险,即没把握知道这个合同是否确实值得去签(几乎所有的顾客都是如此).保险公司总是要赢利的,而且为了确保得利,它们“统计式”的核算,即使用“大数定理”.当然这(几乎每一个都)是不恰当地比较.保险公司的破产并不能完全被排除.相反,在材料统计关系中有这样的情况,我们叫它平衡,也会出现在个例不确定结局中,在那里,这样的一种“倒霉”可以在一定概率的保证下加以避免.然而保险公司不属于这个统计的范畴.

作为上述讨论的根本结果,我们可以这么来确定:物质世界的所有过程——无生命的和有生命的——都基于(在一定的界限内)最小物质粒子不确定的基本运动过程.

但是,当一切都听命于偶然,当一切都像掷骰子一样地偶然,谁来指定一种序呢?当有无穷多种基本过程的代替者时,如何来将一个确定状态重新生产而使其再现呢?难道所有这些不就像一个国际象棋能手在决策树难以看透的枝叶中而迷

失了吗？

3.2 “生与死”游戏

让我们从一个具体的例子开始吧：蛋白分子的宏观分子结构，这在我们肌体中实现着一个完全肯定的角色，必须在所有的【40】细节上保持真正的状态.在缺乏这个分子所代表的功能时，有机体就会毁灭.另一方面，我们知道，物质结构或状态，一般说来都有一定的生存期限.个体的蛋白质分子有一个期望寿命，它与整个有机体可达到的年龄相比是很短的.它不断地分解，进而以相同的模样不断地再构造出来.只有这样，分子建立在物质的凝聚和有机物功能上的协调状态才能保持长久.

类似地，有生命的整个机体乃至整个种群——如果它不应灭绝的话——就必须不断地再生.

人口密度，即在有界生存空间中个体的数目.基本上只由出生率对死亡率的关系决定，这不仅适用于所有生物，而且也适用于有机体中的单个细胞，甚至也适用于单个的分子和原子.只是在最后一种情况下，物理学家和化学家不把它叫做出生和死亡，而简单地称作形成和蜕变，或聚合和分解.

人类的出生率目前进一步超过了死亡率，这便导致所谓的人口爆炸.在动物世界常常出现相反的情况，死亡率比出生率高，许多动物濒临灭绝.

假如人口数保持常值，那么出生和死亡率就必须像天平一样保持严格的平衡.假如两个和(每个都是由相同单项的一个大数构成)要相等，那么每个项就得和相应的项一致.但是，根据物质单个过程的随机特征——这是基于测不准原理——这是不可能的.借助于构造的控制力学，在一个很长的时期内，人类自身总可以使这样的一种平均相等得以实现.假如从某一时刻起，一个稳定的人口数能够保持下去，那么人们就会注意到，这个数和统计中值相比，一会儿变大，一会儿变小.

哪些条件是在物质系统中使自身能形成一个稳定的秩序所必须的呢?这是一个基本的问题,它对于物质的统计平衡关系以【41】及生物或社会的自身组合都具有很大的意义.

我们再来考察一下“生”与“死”之间的游戏,其中,两个对手为了各自的命运必须掷骰子.哪些策略对于他们来说可以使用呢?而使用的策略又将对不同个体的发展有哪些影响呢?

唯有一个可以记录的事实,即游戏者能够遵循的就是人口数目.原则上有三种可能性能作为人口数的变化:

1. 出生或死亡的概率有一个固定的中值,它不依赖于人口数以及人口数的改变.我们在游戏理论的意义上,称这种关系方式为无差别策略S_0,这里的下标“0”表示生死率不受人口数目的影响.一个这样的无差别策略在分子的水平上是常有的,在生物学的范围内却是最没法实现的.如果在一个地方稠密地居住着许多人,那么这个地方也就有更多的新生者.——拉朗的田园基地和维也纳的中心公墓区相比就小得微不足道.

2. 出生率和死亡率依赖于人口的多少.每次比率的改变都与人口数目的改变相一致.这就是说,在人口数目增加时,出生率和死亡率也相应增加,人口减少时,则这两个比率也相应降低.对与这种特征相一致的策略,我们用符号记作S_+,这个正号表示比率变化是根据人口变化而改变的.在这里,不考虑比例的形式,它一定不是简单的形式(例如线性的),尽管在自然界中常会遇见一些简单的形式.

3. 人口数的变化和比率的变化相反地变化着.这种关系就定义了一个反变的策略S_-,具体地来说,当人口增加【42】时,出生率和死亡率却降低.反过来,当人口减少时,两个比率却提高.

一个在这样意义下定义的逆向反应相对应的只能是出生率也是真正的反向情况:人口数的每次改变将通过出生率的相反

方向发展变成逆行的. 由于死亡率的这种策略会引起原始群体人口浮动的进一步加剧,在一个相一致的策略S_+中,这种相互关系正好表现为相反的状态.

我们必须强调,在这些策略中,我们常常事先接受了可能的关系方式之间的不同之处.在具体的个例中,哪种策略起作用,则很大程度上在所涉及种类的自然界中已经有了.

在物质微粒中,这就是定性的化学特性:反应力学.它们对每个分子类来说是固定的而且在物理的力作用中有它们的根源.自然界的多形状性是如此之丰富博大,以致各种方式都能在化学中体现出来,不管是在聚合还是在裂变反应中.甚至还存在这样的分子,它的结构是与环境的改变相关的,因此,它的策略也能够变换.这样一些"智慧"的分子尤其常出现在生物化学领域之中.

原始生物同样在它们的行为方式中,有很大程度是固定的.是的,它们自身在进化的早期阶段才发展了具有意识性能的躯体,使得它们有选择地使用自然界所提供的一些结构形式.

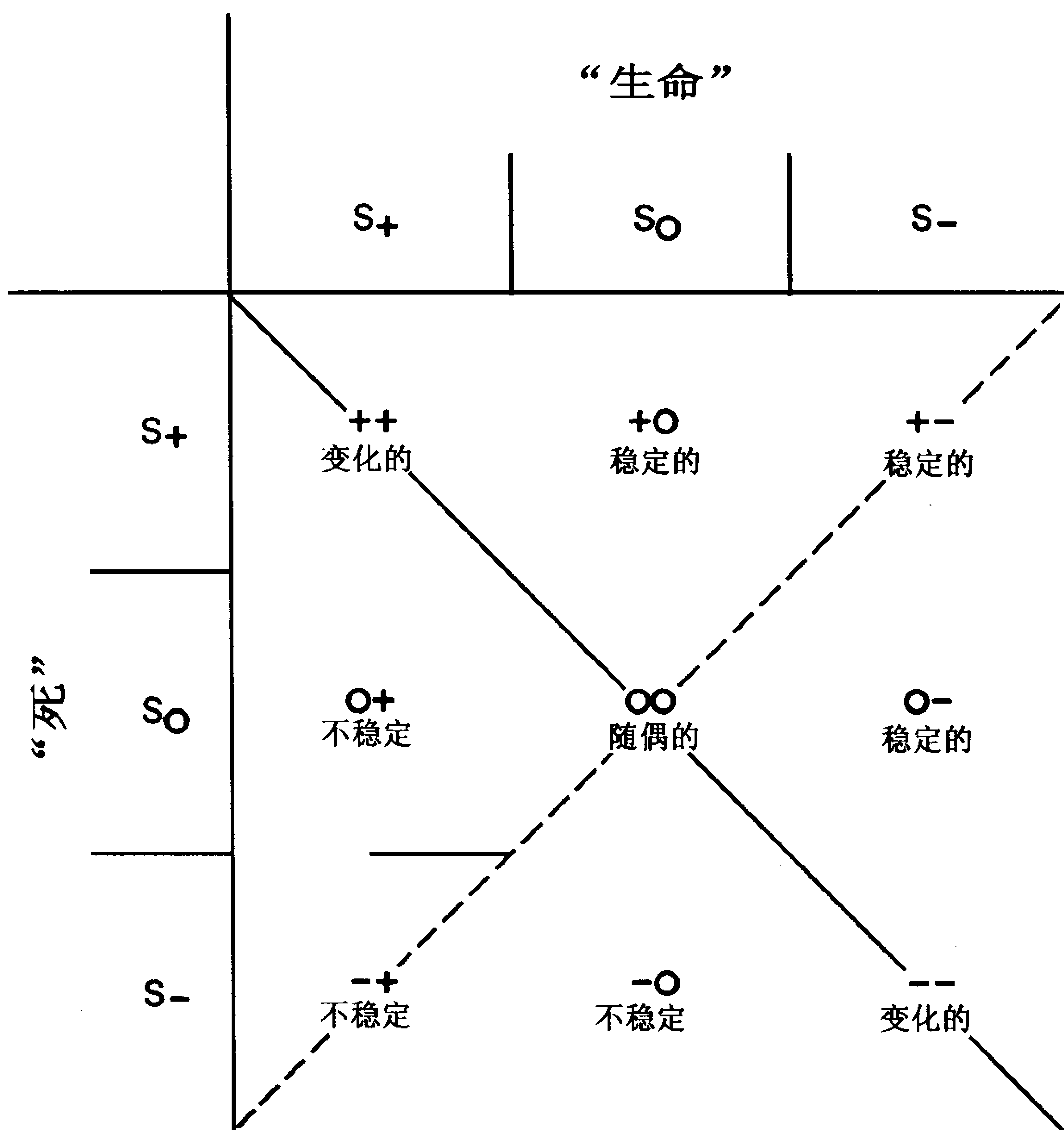
人类已具有这样的基础,使得自身的策略在一定的范围内去适合于自己的生活需要,因而,去运作一个社会系统也是可能的.

现在,这些不同的策略以什么样的方式影响着人口的状况呢?在此,我们想在游戏理论意义下让这两个对手"生"和"死"相互对立地出现.为了刻划群体的命运,我们也将列出一个选择矩阵,在严格的意义下,它不像是一个选择矩阵那样能把获胜的情况详细地确定下来,因为这里涉及的既不是一个有限零和游戏,也不是定量的对策,就是说不是作为一个完全的关系表而确定的.但是,即使这样得到的定性概要也是相当有用的:

【43】

其结果有三种人口的基本关系式:我们把它们记作"稳定","随偶"和"不稳定".第四种记为"变化"的关系式是与这三种基本型连在一起的,它是依据量的联系而变换地出现的,使这个系

统从一种状况变化到另一种状况.对每个具体类型,这些概念又理解为什么呢?【44】



1."稳定",对于一个已知的人口数值,上升和下降率(出生和死亡率)是平衡的.人口数值的一个小的变动,增或减,都将影响其中的一个或者两个比率,而这两个比率又使得增减所引起的波动减弱.这个"稳定"的种群数值按其自身规律运作.它在灾难面前受到内在运作的保护,这种规律的结果对于大的种群数来说,是很重要的.

2. “随偶的”,人口数可达到所有的可能数值.增加率的中间值和下降率的中间值相等,因为它们不依赖于人口数,因此,相等总是成立的.既不存在减弱的力量,也不存在增强的力量.对于下一次的波动来说,每个情况都是在同等的始发状态之下,没有什么规律性的作用.

3. “不稳定”,当种群数有一个很小的变动时,它能如此影响其中一个比率或者全部两个比率,使得它们正好进一步加强了这种变动,那么,一个给定的种群数,在此数值下,种群的增长率和下降率正好抵销,就是“不稳定”的.由此,一个雪崩式的灾难就产生了.要么“生存”战胜“死亡”,要么“死亡”战胜“生存”,也就是说,或者是人口爆炸,或者是种群逐渐灭绝,这两种灾患与负有责任的策略相符合,最终是不可避免的,群体的命运也由此唯一注定.

这三种基本状况,在游戏距阵中,出现在所谓的副对角线上(即虚线上),然而有趣的关系是表现在主对角线上(即实线上).我们已经注意到,“变化” 这个概念包括所有三种关系方式 “稳定”“随偶”和“不稳定”,而且每一个都根据量的互相关系反映出一个效应.数学家在这里遇到了一个不平凡的稳定性问题.出现在生物和技术中的规律及自我组织首先就是以出现在对角线上【45】的状态为基础的. 我们能够在生物宏观分子自身重建结构的领域找到它们,这些再生的结构也诱发出了进化.我们进而又在细胞的裂变、有机物的形态形成中遇到它们,它们最终构成了我们【46】神经网络中信息组织以及(技术中)信息处理的控制系统基础.

第 4 章　统计式的玻璃球游戏

统计过程的原型可以通过玻璃球游戏来模拟. 作为游戏的元素是玻璃球,它们根据颜色分别代表着原子、分子、生物、数字或字母的不同样子.一个方形的游戏板表示(一个有限的)生存空间,不同的过程在其中进行.游戏平面的所有格子通过坐标化唯一标定, 偶然性的产生是通过一对骰子的投掷来体现的,骰子是(根据游戏板的大小)一些柏拉图立体即四面体、立方体、八面体、十二面体、二十面体,游戏板上的每个位置都以一个相同的投骰子概率出现.游戏规则支配着骰子的随机性决定, 从而确定着单个群体的典型关系,像随机的漂流,稳定平衡、不稳定增长或者是灾难性的毁灭. 【47】

4.1　"人头"还是"雄鹰"

一个小伙子想去海外,这也是他有生以来的第一次.他得乘飞机旅行.但是最近一个时期,他常常听到劫机和爆炸事件,所以他对这次旅行心情很复杂. 因此, 他给他的保险公司打了电话, 想了解乘飞机旅行的风险. 保险公司的代理人给他算了一算,在他乘的飞机上隐藏炸弹的概率有多少.对这样一个咨询结果,这位顾客一点也不满意,千分之一,万分之一,或者更小——这种危险对他来说还是太高了.因此,他问保险代理人,在他乘的飞机上藏两枚炸弹的概率有多大? 对这个问题感到吃惊的代

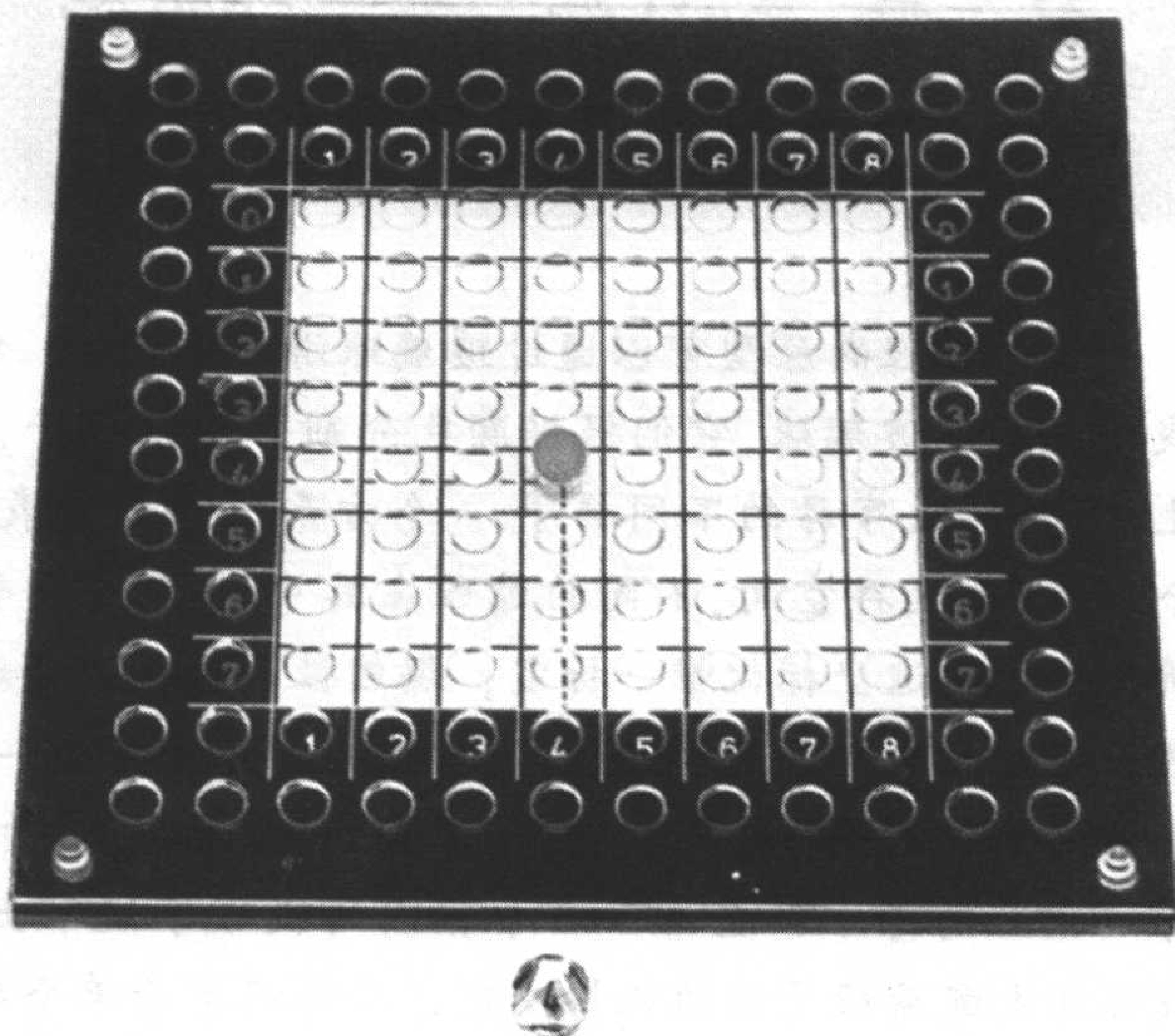


图4 小球游戏原型.游戏板几乎可以用于本书所描述的一切游戏,板平面分为64个通过坐标定义的格子,坐标在纵向是由数字0到7(红色)而在横向是由1至8(黑色)标定的."随机决定"是由两个八面体骰子的投掷来进行的,每个面都写着相应的坐标数字,每次投骰都相应地决定了一个坐标对,从而一个玻璃球的位置.所有的格子出现的概率都是α–预先概率.在上图所示的例子中,投掷的蓝色小球所占的格子的坐标是4–4.

【48】

理人正确地回答说:在这种情况下,它的概率是前面所说的概率数字的平方.如果前面所说的是万分之一,那么现在的概率应该是万万分之一,对这样的答复,这位小伙子似乎比较满意.

一周之后,这个保险公司的雇员在报纸上读到,机场的工作人员在检查行李箱时发现一位乘客的箱子里有一颗炸弹,进一步报导说,这位乘客在审讯律师面前说,他的炸弹是为了降低飞机被炸这种危险出现的概率才放在自己的箱子里面的.

借助例子让我们仔细看一看,在坚持使用随机策略时会出现什么?

"人头"还是"雄鹰"!* 有谁还没有认识到自己某些决定与硬币的投掷是关联在一起的呢?

这里本质的东西是,投的结果与已经发生的结果,即与前面的投币结果完全没有依赖关系. 即使是人们已经10次连续投的都是"鹰",但下一次出现"头"的概率仍旧是50%.这种不依赖前面情况的效果能够在游戏板上作定量的分析. 【49】

表格 2 玻璃球游戏"迷向飞行"

这个游戏是由两个人在一个4×4格子的平面上进行的(没有坐标符号).每个参加者拿16个小球,比如,一个人拿白色的而另一个人拿黑的,每人放置8个球在靠近自己的那一半平面的格子里,其余的8个保留在手中.整个游戏板面当然也就是一半被黑色覆盖着,一半被白色球覆盖着.现在投掷硬币.如果出现"人头",那么允许代表"白色"的游戏者可从棋板中去掉一个任选的黑色球,而代之为自己手中的白色球.如果出现"老鹰",上述过程是一样的,只是将黑色改为白色而已.人们玩上一定的时间,当然是要足够长一点的时间,这是为了使两个游戏对手具有一个相同的获胜机会.

通过引进一个附加规则,即相邻同色球中间的球的颜色也要改换,这

* 译者注:德国有一种硬币,一面是人头像,一面是雄鹰.

个游戏就能有计划地进行而且成为一个“有限”的模式.这条新的规则是说，在游戏过程中，如果对手的球被包围，那么这些球就被换成自己所用球的颜色.如果一种颜色的球(比如说是黑色的)被围死，那么游戏就结束了.因为每个将要放入的新黑色球都是自动地被白色球围着.对物理学家来说，这种效应说明，在协作一致的变换作用中，互相联系在一起的东西(如固体、流体、气体状的东西)是如何形成的.

无疑，这个游戏从其不合作协助的形式来说不是特别引人乐趣的. 如果人们想自己找出来哪一些统计结果会在连续使用一种与球的位置占据无关的，也就是说随机策略(S_0)中出现的话，那他就得有些耐心.事实上，这个游戏永远不会停止.如果它较早地结束了，那可能就是人们轻易地采用了错误的招数.

对于一种球或者另一种球的增加或减少的概率，在游戏中总是完全的相同.虽然在初期这种无偏向的初始情况在很大程度上重复，但这并不是说，与任何一个特殊的、不对称球的分布来比较，一个更高的概率是会出现的.因为这种“瞬间记忆”方式对每【50】一步的情况都是有的，这就意味着，每一种球的分布在逐渐消失的过程中总会有几次的重复出现. 由于这只对可能的分布有效，所以游戏在一个较长时间内就不存在某一种分布的优越性.这种居中的初始状态的出现程度也正好就像其状态一样的平凡，或者更准确地说，是同样的稀少，这也包括“倒闭情况”——即其中一个游戏者将所有的球一下子转为自己的颜色——即使在这种情况，游戏仍没有结束.就是说，在这种情况下，为了进一步掷硬币，人们不需要在棋板上有自己的球.就这样，这团玻璃球无目的经历所有可能的分布——直到人们真正地中断这个游戏.

在英语中称这种游动过程为“随机游动”(random walk)，或者“随机飞行”(random flight)，此后，就用符语“迷向飞行”.这在数学上会产生一个概率分布，它有图5中长方形曲线所示的形式.

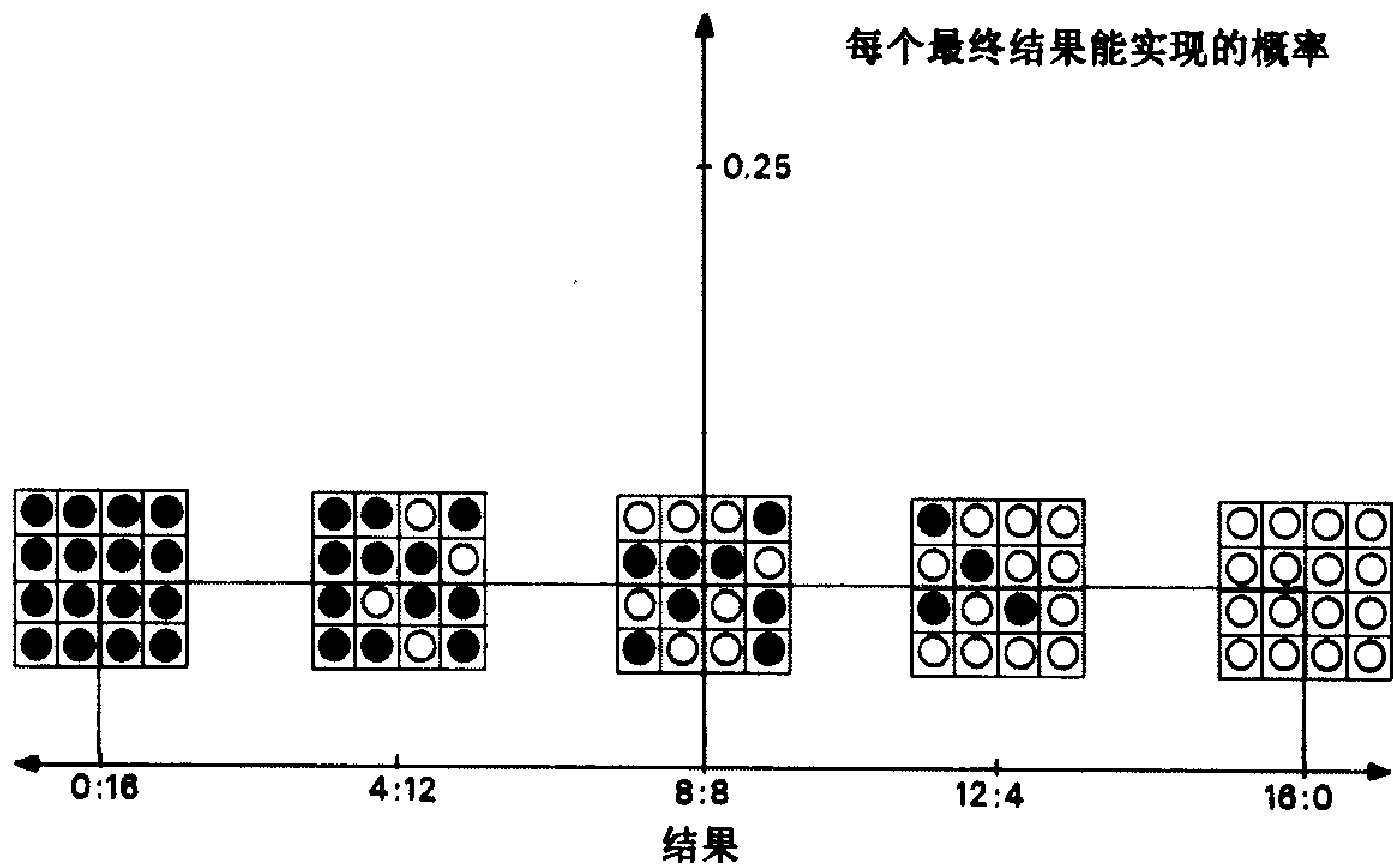


图5 “迷向飞行”,这个游戏表示了一个无控制的游动过程,蓝色和黄色球的概率分布是完全一致的,就是说,每个偏离平衡分布(8个黄色球和8个蓝色球)都是有相同可能性的.

它直观的图示说明,我们已经在逻辑上表明清楚了.期望值(纵坐标)对于每个可能的游戏情况(横坐标)都有一样的大小.没有哪种游戏结果是优先的.

我们现在也看到了,我们那个给自己箱子放炸弹的小伙子的那种错误思维是怎么回事.保险公司代理人的概率假设是一个类似于“人头”或者“雄鹰”的期望值,当然,意思是小于百分之五十,而这个决不是通过炸弹的分布的运算(或者说,在自己的箱子里放上炸弹)受到影响的.然而那些令人毛骨悚然的炸机事件已够令人心烦的,遗憾的是这些事都是我们这个时代时常出现的现实现象.

4.2 埃仁拜斯特的投票模型

物理学家——在20世纪初——讨论了一个在比较方式下无

害的模型:两只狗并排跑来,其中一个身上有一些跳蚤.那么究竟需要多长时间,方能使这些跳蚤通过前后左右的乱跳在两只狗身上分布均匀?这样的一个平衡分布看起来又像什么样子?这里我们假定,这些跳蚤并不预先就偏爱其中的一只狗,尽管这也是在模型中应当受到考虑的.

这个"狗—跳蚤—模型"——就像具有幽默意思所称呼的那样——可以追溯到关于平衡过程中统计自然性的一个十分严肃的思想,这是1907年由一对——后来在皮革方面有影响的——物理学夫妇保罗·埃仁拜斯特和塔吉亚娜·埃仁拜斯特提出来的,这也就是那个时候统计游戏中比较庄重的名字《埃仁拜斯特模型》,在此名之下,众人熟知.在这种模型中,一定数量的球被分装在两个箱子里,我们在这里不用箱子而用棋板,在一个有坐【52】标的平面上操作使得这种游戏更具有直观性,看得更清楚.

表格 3 玻璃球游戏"平衡"

在这个游戏中,平面上的每个小方格都标有坐标数,还有所属的一对骰子,比如4×4平面和两个四面体骰子;6×6的格子平面和2个六面体;以及8×8格子平面和两个8面体骰子.人们需要至少2种颜色的球,每种必须有足够多的球,使得所有的格子都能占满.

第一种做法:两个游戏者轮换着将自己的球无规则地布置在游戏板上,直到所有的格子都被占满,然后开始掷骰子.如果一个球正好处在所掷骰子所决定的坐标位置,则将该球拿出来,补上对方颜色的球.与此同时,在棋板上现在多出一个球的游戏者获得一分.根据投掷,记录下游戏的状况,这里,"比较好"的游戏者能得到和他在棋板上多得到的球(涉及到中间值=所有格子的一半)一样多的分数.最终(这是可以确定下来的)每个人将自己的分数加起来,再除以投掷的总次数,胜利者是那位获得最高分数的人,用这种方式体现的游戏结果大概就是"中间波动".

第二种做法:这里首先要对平衡状态的时间方式作些要求.游戏的规则

与第一种做法一样.但在开始是这样的,只有一个游戏者把自己的球无间隙地布满在棋板上,之后开始投骰子就像前面的做法一样.现在不是数每个游戏者剩余的球,而是数每个人为了转换已布上的球的一半成为另一种颜色所需要投掷骰子的次数. 投掷数总是记录着游戏者把新的球置入棋板的次数.对每一方,玩的次数应是一个(较大的)偶数.胜利者是那位在最后取得最低投掷数的游戏者.

第三种做法:游戏是用四种颜色的球进行的(也就是说由四个人来玩).为此将有一个有颜色的骰子,即一个四面体骰子,依此来说明在每次的投掷中,将那个在投掷中出现的颜色和球拿出来,这种做法说明,在第一种游戏方案下的典型结果不是限于两个种类,而是一般性地成立.

第四种做法:第一种做法的基本原理仍然有效,而在这里还有一个附加的"协调规则"来完备这种游戏,该规则是说,投掷所显示的球只有在至少有4个对手颜色的球直接相邻的情况下,才能被拿出.这就是说,如果人们投掷到一个格子时,假设这个格子上是白色球,那么这个球只有在八个围着它的格子里至少有四个黑色的球时,方能取出而用黑色球来代替.在此人们要注意的是,这种(轮换)取代在游戏的开始阶段要有一定的战略意义.这种在相邻球之间的轮换关系指出了一个模型,它的效果将在第六章中再详细讨论. 【53】

留心的读者早已注意到,在埃仁拜斯特投票游戏这种无合作性方案中,相应于"死亡率"使用的是相一致的策略S_+,并且对于"出生率"采用的是相反的策略S_-.后者——就像"迷向飞行中"的随机策略S_0一样是很少的——对于生物界来说就不是很典型的.因此,这个由选择矩阵所预计的自身稳定性——至少在模型所要求的形式中——既不出现在群体遗传学中,也不出现在人类社会关系中.相反,我们都常常在物理和化学中的分子分布中遇到它.这也是为什么保罗和塔吉亚娜·埃仁拜斯特对这样的问题做如此深入研究的原因.

所有这四种游戏方案都基于一个有趣的物理现象,它通过

游戏过程直接地被表示出来了. 因为游戏的每一步只与所占位置的分布有关,所以人们不需要游戏参加者也可.当然必须得有人在那里,去掷骰子和按相应的规则把球放在相应的位置,像这样一些方式的游戏可以说是自成体系地运作着.

只有在协作方案中, 人们做游戏时还可以用点策略上的技巧.以这种方式总可达到一个唯一的结局.以后我们——在与结构形成相关的时候——还要回到这个问题上来.

第一种和第二种游戏方案对于埃仁拜斯特模型具有特别的说服力, 在这里我们不是特别关注每个球在某个位置上每次的分布.单个球的识辨只有这样的意义,那就是确保处于游戏中的【54】每个球有一个相同的α-预先转变概率. 这种形式的个体占据状态反正都是无法区别的.我们所感兴趣的是某一类球的剩余,也就是说平衡分布偏差.在第一种游戏方案中,胜者正好就是这样定义的, 假如他能——通过一系列的游戏——把一个唯一的与物理有关的结果反映出来. 让我们再来详细地看一个典型的游戏结果.

两个 (或者所有) 处于游戏中的球类获胜机会总是同样的大,由此可见,在简单方案中两个(或者所有)参加者也在每一步有同样可能的机会获胜,或者输掉.这在"迷向飞行"游戏中也不例外,但是在迷向游戏中随着时间的流失,最终所有可能的球的分布都会以同样的概率出现,而这在眼前的例子中不会发生.如果人们有一个充分大的游戏板,比如有64个格子的板,那么这个游戏总是以两个(或者所有)颜色球大致占有相同多的格子而结束.

"大致"在这种联系中又是什么意思呢?

平均的(中间的)获胜数,它是赢得的点数之和除以投掷的次数来计算而得的,是期望中值的直接偏差,它的绝对值依赖于球的总数.这一点我们自己可以试一试,依次用4×4,6×6,8×8和10×10个球来作试验, 我们由此会看出, 这个中间获胜数虽

然——绝对地来考察的话——是随着板的扩大而增大，但不与球的总数成比例.它上升的要比线性增长来的慢得多.在64个格子时，它大约才是16个格子时的两倍.

“大约”这个词所给出的限定表示的是，在统计中简单规律性只是对很大的数才有效.对此64个球几乎是足够了，而在16个球时，它就不是那么准确了.

在球的数目很大时，由获胜数来表示的中间偏差是与游戏中一种球类个数中间值的平方根成比例（中间值=球总数除以参加游戏的球类个数，比如球总数是64，球类个数为2，黑色和白色）.【55】这个结论表示了统计物理中一个重要规律.不仅如此，它还反映了一个重要意义，即这个公式中含有比例因子，它不等于1.理论上来说，比如64个球和2种颜色，会有大约上下10个球的平均偏差幅度.这必须要视参加球的种类多少相对而言.这个平方根定律是说，中值分布的相对准确性是与增加球数量相一致.如果有一百万个格子的话，那么这个偏差将只会在千分率的数量级上.

一般说来，自然界是以非常大的数量级来游戏的，仅一立方米的水中所含的水分子已是多于10^{22}个（这是一个在1后面写上22个零的数字，几乎无法念出的一个数目).还有，世界上最精密的度量仪器在这里也无法记录下来与中值的大概偏差.因此，这就出现了，化学家用“可确定”的质量作用定律来表达分子反应平衡的说法.

中值定律的规律性特征也会更清楚地表现出来，如果我们询问，在这个游戏中一种极端情况，即整个游戏板只被一种球占满的情况出现有多频繁？其答案是：在不合作的方案中，这种情况按照一定限制的概率根本就不可能发生. 在64个格子的棋盘上这种极端情况发生的概率已经只有1比10^{19}(我们现在也知道，像这样一个数所表示的意思，顺便提一下，这个数目的来历也完全类似在24页所计算的和，它是由一芬尼通过不断地双倍增加而最终达到的.只是在这里我们必须将这个过程延续64天).

稳定状态的原因是基于一个通过统计而建立的规律性“力量”上.一种类别的球剩余的越多,那么人们正好掷出这种类别的球进而减少它的剩余概率也就会越大. 从而一个参赛者所失【56】掉的,也正好是另一个参赛者所赢的.增加率和减少率是由那些棋盘上球的占据来控制的, 即棋盘上所涉及的一种球的数目来控制的,由此导致了平衡状态的稳定化.

一种平衡状态的出现有多快呢?这个可从第二种游戏方案特别直观地看出来.在这种情况下,人们是从一种球的完全占满板面这种极端情况出发的,在实践上,每次投掷,某种球类将有十分之一出现结果,由此也将其他颜色的球在游戏中给予抑制.只有在接近平衡公布时,这种调整过程的步骤才会减慢,目的是为了在平衡点附近过渡到一个与“迷向飞行”类似的偏差方式.一个通过球的一定总体来体现出来的状态所表示的“再度出现时间”相应着一个频率,按照这种频率,该状态统计地出现.中间值是以最大的可能性出现的.——在64个球的板子中(中间的格子)实际上每10次投掷中就出现一次.由于在中间值的附近,波动的过程——就像在迷向飞行中——是没有规则的, 我们在这里也发现了类似关系:平衡状态总是在这种情况下经常再现,即当它刚刚经历过一次以后.相反,它在一个很大的波动时期以后却并不经常出现.同样这种浮动过程也具有瞬间记忆,由此表现出——即根据在大波动中将起着作用的统计回归力量——平衡状态的一个长期记忆.

对于概率分布自身,我们现在几乎也可从直观中构造出来,它在均衡位置中间有一个最大值,然后向两边下降延伸,下降幅度大约是波幅值的一半,而波幅值就是所有球总数的平方根,然后很快趋向于零.

在数学上,这就是一个图6所示的“误差分布”的典型正态分布曲线.这个曲线叫做高斯正态分布曲线,是以古今最伟大的数学天才卡尔·高斯的名字命名的.如果将高斯正态分布曲线和方框所示的平稳“迷向飞行”的概率分布做个比较,就更清楚地表明了两种

模型的区别.

【57】

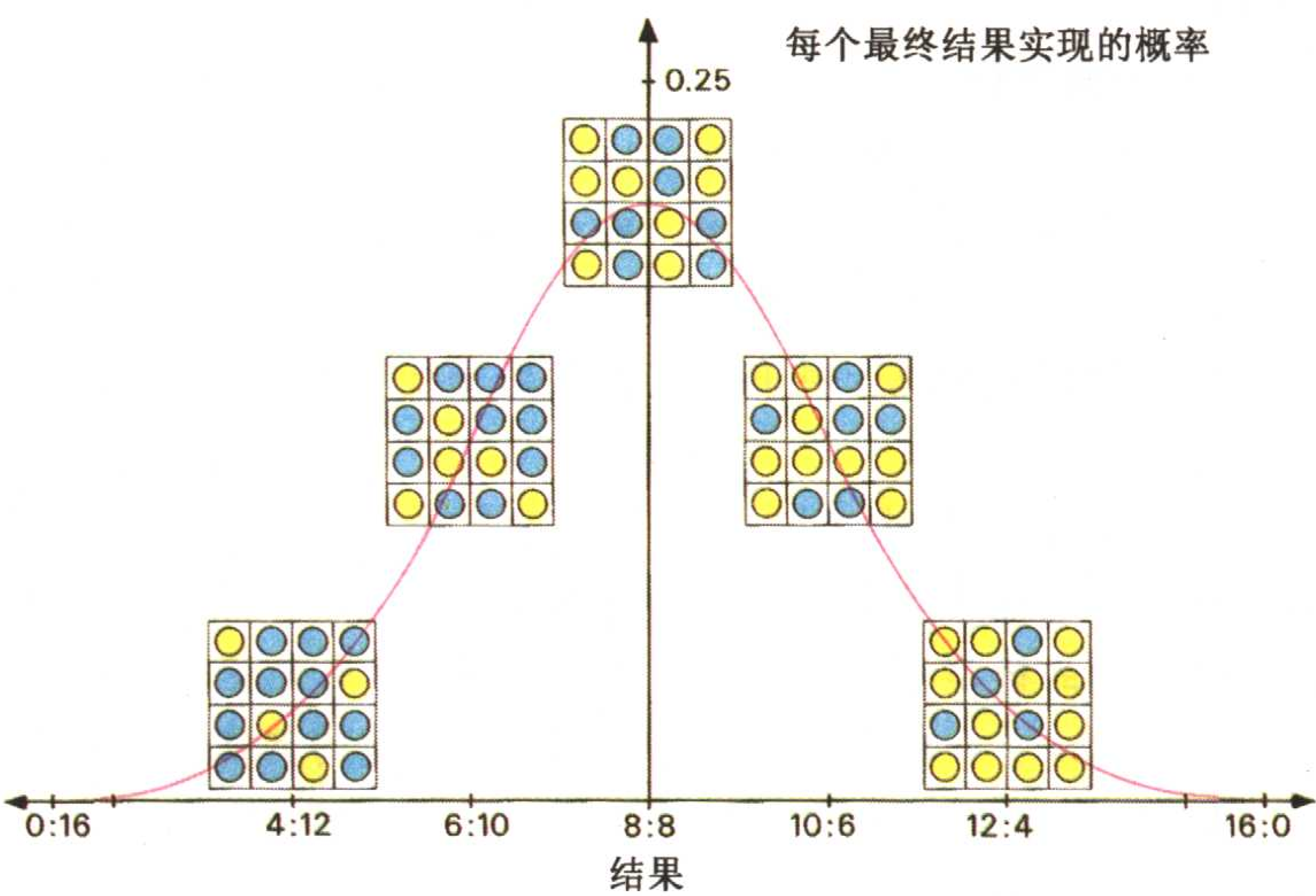


图6 《平衡》这个游戏以非常直观的方式说明,在变差控制(作为特别策略组合的结果)下,平衡是怎么表现出来的,黄、蓝两类球在每次游戏结果中概率分布正好是高斯正态分布曲线,平衡分布的中间偏差与在正态分布中出现的一种颜色球数目的平方根成比例.

4.3 大数定律

用连续函数来表示离散分布当然只是在大数的极限情况下才有意义,也只有在这情况下我们可用规律性的关系式来计算,然而与之相反的是在小数情况下,起作用的是偶然性,通过它,“迷向飞行”和“平衡”模型才有一个相同的结果:比如说,有两只狗和唯一的一个跳蚤,这只能通过时间这种手段,它们才会均等地遭到跳蚤的袭击.真正的均等在这里任何时刻都不会存在,它只是通过时间上的均衡来实现的,而这正是“迷向飞行”例子所显示的特征.

我们再来总结一下这两个被研究的结果，并将它们对比地【58】列出来.

a）迷向飞行	b）平衡
1. 两种球的出现在时间上来说都有相同频率出现，没有均衡状态（即两种球在棋板上以相同的数目出现）具有优先性.	1.两种球的出现是以相同的平均占有数出现，根据占有位置相互依赖的自身规律，平衡状态是优先的.
2. 在所有组合状况中，其中某种球占有绝大多数的情况都是以相同的概率出现的.	2.与平衡占有状态的中值偏离是和平均占有数的平方根成比例的. 在有大量的球数时，与中值的相对的偏离会变小的.
3. 因为没有一种特殊的球分布是优先的，两种球类的平衡分布没有什么特别的意义.在球数目很大时，平衡分布（相对而言）不是经常出现的.	3.在（由第2点定义的）中间值振幅区域内，平衡占有一个极大概率，这种状况要比任何其他状况更为频繁地出现.
4.回归时间——这是球的某种分布（就时间均值而言）重新出现所需要的时间或投骰子的次数——它对于全体组合状态来说是相同的，对每个刚出现的状况都有一个“瞬间记忆”.	4.回归时间是与所处的状态的概率成反比的.之后，平衡状态经常性地出现，并且有一个“长期性的记忆”.
5. 与平衡分布的极端偏离在有限次数的投骰子之后可以达到，该次数平均说来是与整个球数的平方成比例的.	5.与平衡分布的极端偏离在相对少量的球时，实际上不会出现. 它是由自身规律——变差越大，“力量”越大——阻止着.

【59】

在这个列表中，我们所涉及到的都是最简单的游戏方案。这些结论对有任意多种的球类(第3种方案)当然也是对的,而且可以一般化为一定格子(第4种方案)的有不同α-优先概率的情况.

根据这样的比较,可以推测到一个重要的结论:物质的基本事件是不确定的,这个事实并不排除大数可确定规则的有效性,这其中,不确定性是否为主要的自然性质,或者是否是缺乏详细知识,都是次要的.

从赋值矩阵(见第44页)可以得出,平稳方式也是可以期望的,如果每次只使用下面这两种策略之一:与减少相一致的(S_+)或者与增加不一致的(S_-),这是与朝相反过程发展的随机策略S_0有联系的.因此,它必须只接受某一种过程的规则,并且在其他过程中不相互抵触.

在我们的平衡例子中所假定的特性完全是现实性的，一个衰变率或死亡率是与已有的个体的数目成比例的，这是无需进一步去领会的.比如,这些个体们现在是原子核、分子、细胞或生物,现存的种类越多,衰变和死亡的也就越多,这是与偏差有一致回应的策略S_+之典型特征.

那个与上升过程相联系的反向回应策略S_-的解释却不是那么简单,这种策略对于正态分布状态是有特点的,真正的平衡只能在封闭系统内实现.我们将在第二部分要详细地讨论它.而现在只是提醒大家注意到,这个字“封闭”要涉及到系统的物质和能量转换,这个转换本身是在严格控制下进行的.如果在这样的一个系统内部,一种特定物质状态A,例如由于某一种干扰出现要比平均出现率高，那么其结果是，它就使得余下的状态B减少.但是因为A是由B派生的,所以A【60】的增长率也会因为B的减少而最终也下降. 每次物种正面的整体变化,它在一个封闭的系统中都与它的增加所需物质的成本相关.因此,反变回应策略S_-——与它所进行的反应方式

无关——对于在正态或者接近正态时的增长率是一个特征化的.

在我们的日常语言中,平衡这个概念没有一个清晰的范畴.我们可以谈论生物圈中的生态平衡,或谈论政治中"权力平衡".而在物理的意义下,这里多指的是稳定状态,在此之下,增长率和减少率正好互相抵消,而不出现真正的逆反状态.一种状态的形成不一定建立在另一种状态的成本之上. 在一个开放的系统中,一种状态的形成不需要进一步的充电,也就是说,不需要一个外部的供给,并且分解出的产物能够流向外部,稳定状态常常具有通过我们的例子所定义的平衡.这样,比如说,在政治上,一个与"权力平衡"有(很大)偏离就会导致反制措施产生.这一点对于在一个封闭生存空间以极大方式不断增长的种类来说也是对的,在这里不只是死亡率会增加,而且出生率一般说来也会因为缺乏食物下降.

计划生育并不是人类的发明, 它在自然界中常常被观察到.比如说,在一个池子中,依靠高效物质生活着的一群小青蛙,它们是由蝌蚪脱变出来的.人们很容易证实这样的过程,在一个玻璃容器中,不同时期的蝌蚪会聚在一起,尽管有足够的食物,但是只有老一代能存活下来,因为年轻的一代——由于振荡分离的高效物质——"自动"停止了进一步发育.在自然环境中,这却是不可能有的事.种群规律在这里是由基因控制的,这种规律方式是与(真正)平衡下从属的群体作用规律完全不【61】同的.

4.4 灾　　难

平衡的宏观规律是基于一个依赖于双重偏差的内在作用,它是以与偏差协调的衰减率和与偏差相反的增长率为基础.如果我们在头脑中有这样的措施,那么就会有一个由偏差减少而引起另一个偏差的增大,因此,涉及的状态才是稳

定的.

表格4 全部或者全无

这个游戏可以很快地来阐明,因为我们已经知道了埃仁帅斯特模型.例如说,我们拿一个8×8规格的游戏板和相应的一对8面体骰子,唯一要改变的是对换规则,对此只是简单地逆过来:如果我们掷骰子投到一个球,那么就将该球2倍,并且是以对手的球颜色为代价,即如果投出的格子是一个白色球,就去掉任意一个黑色球,而换上另一个白色球(从没有置放的白色球中拿).人们也可以在这个游戏中以任意方式引入一些协作方案,这些只能使得游戏过程比没有这些方案更快地结束.

根据前面的考虑,对这个游戏进行分析并不是困难的.正是这种协调策略S_+,它现在支配着增长率,又同时与反向策略S_-拴在一起,而后者却是支配着下降率.在这个游戏中,一个已获得大多数球的参加者增加球将会更容易,而那个只有少数球的参加者将会很快失尽仅有的那几个(见图7).在埃仁拜斯特模型中也是赢者所赢的,正好是输者所失的——但这里都有许多社交方式.

当我们对来自社会领域的这两种状态方式加以相信时,那么在物质粒子世界的状态方式中,确切地相应于埃仁拜斯特模型的东西就不是容易发现的.我们设想这样的对策,并想证明,即使相协调的策略S_+单独使用于形成阶段,在衰退期的随机策略中也会惹出一场灾祸.

关于增长过程中相协调的策略S_+,在物质世界可以说我们完全熟悉,我们只需去想一下,自动催化和再生的概念,就可以很快想出一系列常见例子.为了变一为二,根本不需施展魔术,比如从一个中子裂变为两个中子,这是会发生的,当一个铀-235核获得一个中子时,它就会分裂,并且在这两个裂开的中等重量的核裂变 【62】

块的周围又有两个(到三个)中子,这是从一个伟大并有非凡影响的发现中得到的一个令人激动的结果.这个伟大发现是1938年由奥图·汉思和佛瑞茨·斯特拉斯得到的，随后很快又由利丝·麦特耐和奥图·佛里什证实并加以明确化.不寻常和令人惊奇的是,铀核通过获得中子不是简单地变得更重,或者是产生出一种熟知方式的放射物质——比如α-粒子——而是分裂为两个碎块.

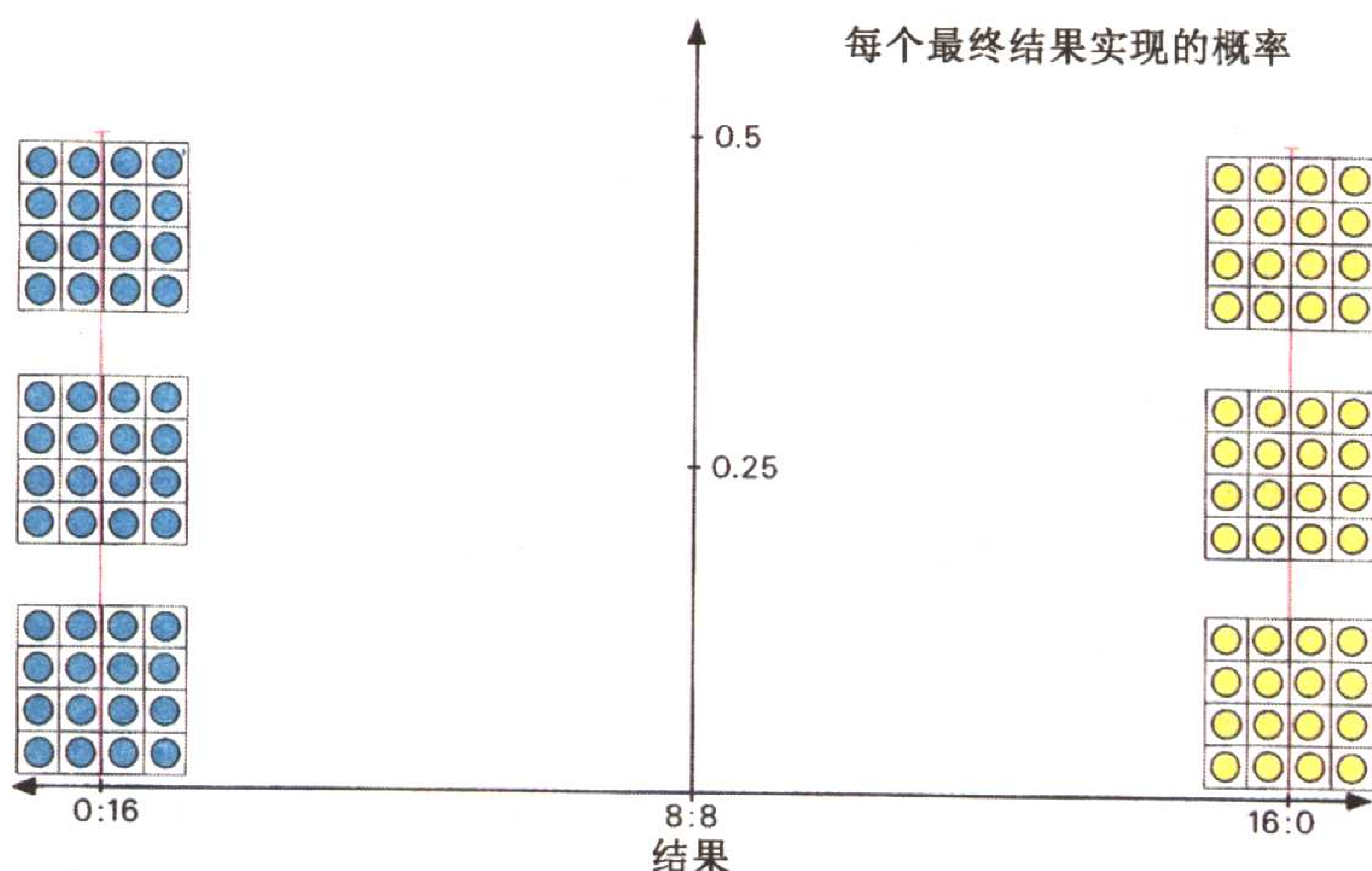


图7 “全部或者全无”.在这个游戏中,尽管两种颜色的球增加与减少的机会是相同的，但是平衡分布是不稳定的.波动不断加强并且总是趋于一个全部是其中一种颜色或者全无那种颜色这样的结果. 最终结局的分布不是和协共存,而是有异常,要么全部是黄色球,要么全是蓝色球.

【63】

其中转化成的自由能量是强大的，但如果它不是同时与一个中子的一系列裂变相结合,这不会有很大意义.根据在第2章中的芬尼故事,我们知道,像这样的事情它会以多么快的速度向“高处”发展(而且事实上它确实会向“高处”发展).

我们有理由把表格4中所描述的例子看作是“灾难游戏”,这

个游戏在一种球占据了所有的格子后就终止，这种原本的不幸还只是一个开始. 但芬尼故事重要的一面是人们要坚持30天.在第60天一个工业大国的货币就已经会垮台. 对于铀中的中子来说,我们所说的天,只有大约一秒钟的百分之一.

相协作策略S_+的简单线性应用在自然界中是极为常见的. 但也有一些其他的——比较复杂的——实现可能性，其结果也完全类似.在“迷向飞行”游戏中曾建议采用相互协作的措施,这一点甚至也可以在《全部或是全无》游戏中找到应用之处,而且也会以同样的方式导致灾难,也就是说,有一个游戏者会失掉全部的球.在这种方案中,人们也是以相同的机会开始.只要两个游戏人在游戏中大约球的总量相同，就决不会出现被多于四个的对手的球包围住——如果是的话，那是因为他把球安放得太糟了.如果某种球一旦比另一种球有一个较大的余差,——通过聪明的分布球的方法迫使上述情况出现——那么全军覆灭这种灾难性对于另一个游戏者来说是无法抗衡的.

物理学家观察到了自然界的这个规律，他们在人工分裂铀中使用.在原子反应器中,中子的连续双倍化过程受到了破坏.

核裂变局部地释放出非常巨大的自由能量，派生出来的中子因此以惊人的庞大动能分离出来. 假如铀自身百分之百是由分裂出的同位素铀^{235}构成的话，那么那些以很大速度飞行的中子在被其他铀核捕捉到之前已经走过了相当远的一段距离.在【64】大多数情况下,这些中子早已离开了那个物质,就根本谈不上去进行进一步的反应.只有当达到“临界质量”时,也就是在一个中子运动的时间里,它能和铀$^{-235}$核确实相碰撞时,连锁反应就会出现并且产生中子团的一个雪崩似地膨胀，这种现象就出现在原子弹中.在反应堆中,人们只是稍微增加了铀原料,其裂变部分(铀^{235})由0.7%提高到大约3%左右.在这里,根本就没有达到临界质量.此外,人们还可以让那些中子平静地流向一个包围它们的介质之中，并通过适当的制动剂——像重水或纯碳化物——使

它们在介质中停留住.经过多次的反射后,它们最终又无固定方向地再一次与一个可分裂的核相遇.通过这样的“绕行”,它们的聚集(比如在减速剂上)就会规则化,这个过程是可以驯服的.

人们自身还可以将一些不可分裂的铀-238原子通过适当的反应转化为分裂反应堆.在所谓的“快速增殖反应堆”中,最终出现的活跃性燃料要比一开始时它所具有的燃料来得多.

人类对自然界力量的这种成功驯服似乎给人类自身又指出了一个进退两难的道路,它将另一个“爆炸性灾难”引向了人类.至今我们还不知道,如何来解决人口大量增长的灾难.如果我们反对利用核能,就因为,尽管做了努力研究,核能还会有小小的危险而不能保证百分之百的安全,那么当我们对于能源问题束手无策而且还在进一步摧残着自然时,就必须清楚表明我们将会给后代留下何种不幸.

自然界很久以来就以自身的方法和途径来限制无控的增长.无疑,它既不是使用埃仁拜斯特模型中的组合方案,也不是它的逆方案.这就是说:它既不像“全部或全无”游戏中如此极不【65】社会化,也不是过分的社会化和根据“迷向飞行”游戏中的规则运行.它是如此来组合各种策略,要使得稳定性、增长和变异性【66】互相始终保持着.

第5章 达尔文和分子说

选择是基于一些规则的特殊组合，这些规则允许物种——分子或生物——全体类别有一个变化关系.这里既包括大频谱变异的无计划地生成，它是选择优越性中的稳定性,又包括那些没有优势类型的群体毁灭.这个基本概念明显地使达尔文定义下的选择作为一个范畴性质.自我复制以及完备性或者循环性再生，还有新陈代谢都是必不可少的前提条件;因此,一定的“环境条件”的满足是需要的.进化的游戏原理是自然规律.但是,这些历史的限制条件和那些不确定基本事件的不确定时间顺序影响着细节的唯一性.

【67】

5.1 选　　择

我们设想一下,我们站在一个大城市的火车站,紧接着的一辆火车在几个小时后开出，有足够的时间去拜访在此城市居住的一个老相识,我们很久没有听到他的音讯,也不知道他现在住在什么位置,为了找到这位朋友,我们最好先作些什么呢?

肯定,人们不会简单地在城里走一趟,以希望能在大街什么地方遇见他.这种可能性实在是太小了.即便是沿着每条街挨门沿户地去看门上的名字,能找到他的可能性也是同样太小了.这种方法当然有一定程度的可靠性，但是由于时间上的巨大耗费却不可行而且是愚笨的.于是人们将会加以思考而有选择地行

动，比如，人们依据某些原则对可能居住的地区做系统地限定.

从电话簿上也许能获得朋友的地址，并且假如他不在家的话，他的邻居可能知道，他在什么地方工作.这样我们很快就获得他的住址并且能见到他.

大家熟知的幽默“17和4”也是类似的例子.一个物体或者概念通过一连串的提问，其回答只能为“是”或者“不是”，就可以确定.明显的，人们不能纵横交叉地来提问题，或者根据一个询问目录表，程序化地提问.相反，人们会更多地试图每次依据不同层次问题的类型，把尽可能多的选择性都排除掉，由此来一步一步地缩小要找事物的范围，每个新提的问题都依赖于前一个问题的答复，一直到不再有其他选择时为止.

这两个例子都有共同点：在众多可想到的答案中只有一个是正确的并且这个答案应该能够很快地尽可能理智地被找到.在这里也同样是无目的，简单地来回尝试，相信会偶然碰到，大概就像依次系统地检验所有可选择的东西一样.

【68】 在前一章所论及的埃仁帅斯特模型中，所有可能的状况都是由与时间有关的概率分布中间值来表现的. 如果可选择的数目非常大，那么最终在一个有限的空间就不可能实现.在众多的随机变化中去发现一个特殊变量，这种机会最终也不会比“迷向飞行”模型来得大，而只是它的出现与其他的相比，带有很大的α-预先概率.在平衡原理基础上的寻找机制是完全不合适的.因为这些已经试过是不对的选择，由于它们的稳定性，只会阻止这个空间上有限的系统因而妨碍着对新可能性的演化尝试.

复杂度是一个对生命出现来说典型的现象，即使是对一个单蛋白，所有可能想到的分子结构已经是那样的多，以致它们在整个宇宙时空范围里既不能平衡地出现也根本无法数清楚.

如果我们想理解，在这样复杂的一个系统中，一个起作用的秩序是如何产生的，那么我们就既不能用平衡模型也不能用“迷向飞行”模型.我们更需要一些不稳定性，在它们帮助下，从已有

的选择中逼出一个唯一的选择，并且避免重回以前经历过的时期.当然,这种不稳定性不应导致我们的不幸游戏《全部或全无》这种类似的不可逆转的结局.选择出来的变体自身必须能够(暂时性的)稳定化且对于试验结果来说是有优越性的.这样就需要一些策略组合,在它的作用下,像“迷向飞行”那样既包括“稳定化”又包括“不稳定”,我们将对此举例说明,这里的三种方案都会不间断地导致选择现象.

【69】

表格5 小球游戏“选择”

该游戏是在一个方形平板上进行，它的格子是由坐标数对来标记的，还需要一对合适的骰子(比如八面体骰子).当使用较多的(比如4个或6个)不同颜色的球时,游戏原理当然也是显然的.

1. 方案:各种颜色的球在起初以相同的数目分布在方形平板上,它们是随意放上去的,占满全部格子,而备用的每种颜色的球,应该和全部格子的球一样多以便在必要时能够全部换上该颜色的球.

现在开始扔骰子,其中必须(严格地轮换)使用下面两个规则:

1)被骰子所投出的球必须从格子中取出,放入备用球袋中.

2)被骰子投出的球增加一倍,即相同颜色的备用球占据板面取出球后空缺的格子.在严格地交替使用上述规则的过程中,总是在一个奇数次的投掷骰子后有一个格子没有被占据.

如果某种颜色的球占据了全部的位置,则游戏中断.人们可以给不同的颜色排一个有差别的盈余点数(比如在四种颜色的球中;红色6,蓝色4,绿色2,黄色1)使这个游戏提前中断,能有一个胜利者.这个盈余点数在以后的方案中是和选择优势相关联的.

2. 方案:第1种方案的第一条规则仍然成立.但是,每次投掷,如果它导致一个新的球产生(同样在偶数投掷)时,紧接着就附加一次突变投掷.如果在新球产生的情况下,就有一个突变出现,此时人们就定义,比如说,“6”是正方体骰子的突变,而其他的数就刚好为再生数,这就是说,在突变投掷

中，从"1"至"5"相应的球要增加一倍，而"6"时，一个它种颜色的球(大概是那种在方形板上最少出现的)在空着的位置出现(这个突变率可由游戏的人任意地改变).这种偶然突变的效应是在相同的衰减率的情况下，能招致唯一选择的消失.

3. 方案：不同颜色的球标记上有区别的点数.这就是说，平均增长和衰【70】减率随种类不同而变化.采用这样的措施时，在坐标骰子投掷时，同时有一个赋值骰子，对于四种颜色，有下面的赋值表：

由骰子所投出球的颜色	赋值骰子投出的点数	
	取出的数	增加一倍的数
红	1	1,2,3,4,5,6
蓝	1,2	1,2,3
绿	1,2,3	1,2
黄	1,2,3,4,5,6	1

在这里，红色具有最高的，而黄色有最低的选择值.对于红色球，它的(平均)增加率是它的(平均)衰减率的6倍，而对于黄色球刚好相反.

因为赋值过程不再允许取出和增倍的严格交替，因此，每次都必须投掷如此长的时间，直到这两个过程有真正的交替出现.只有这样，才能保持一个正常的布局.

对红色球所具有的强大有利之处，人们可以通过不等同的起始状态加以平衡.在一个有8×8个格子的平板上，开始时放置红色球2个，蓝色球6个，绿色球16个以及黄色球40个(同样在自然界中具有"高值"的突变者也只是相对较少地出现).

在这个游戏中总是只有一个颜色的球获胜，但不一定就是那种具有最高选择值的球.对做一次游戏的胜者来说，其点数按其颜色分别是：红色=6，蓝色=4，棕色=2，黄色=1.在这里只有当人们再将第2种方案中的突变过程引入时，最终总是红色的球获胜.

5.2 什么是最适合的?

1859年11月，约翰·玛瑞·伦敦出版社出版了一部自然科学世纪性文献中最著名的和最令人激动的著作:达尔文的《物种起源》(Der Ursprnng der Arten)[12]. 达尔文的这部著作中的重要思想是“自然选择原理”,自然筛选的原理,在1872年出现的第6版中,达尔文把该版作为最终留给世人的版本*——他写道:“最能 【71】 适应者得以保留或生存的原理,我把它称为自然选择.”

遗憾的是达尔文的表述常常只是以教条的形式被错误地解释.如果我们仔细观察前面的解释,可以看出,它是以“最能适应”这个词为基础建立了一个绝对的,与人类也同样有关的价值数,那么首先就是“原理”这个词的误导.

用一个原理来表示历史事实是不合适的——如此稀少,大概就像依据热力学原理来导出熵的构造一样. 无疑达尔文这样做了——这是一个与原理的创立完全无关的结果——许许多多关于历史进化现实的材料收集在一起，得出这个原理完全是先由经验抽象出来，然后才迟迟地在人口基因学家约翰·哈尔坦、罗纳德·佛什尔和塞威尔·怀特的工作中找到精确的论据. 尽管这些自认为是新达尔文的研究小组,在其著作中,把给定的种群内，对选择的先决条件数字化地作了清楚的表述，但是直到今天,在生物界人们还没有对选择原理的真正自然性有一个共识. 达尔文自己是从生存着群体的真实存在出发的,因此,就没考虑这种原理是否是重复着自然,是否表现的是一个经验之说,它证明的是生存着的物质特性，或者是否是一个由基本的物质特性衍生出来的规律性,并表现在生物界具有明显性,但决不只限于此.哪一种观点是达尔文自己所表达的呢?他在这里却没有清楚

---

* 当达尔文获悉阿佛瑞德·R·瓦里斯也独立地获得了完全类似的结论之后,他就急忙发表了自己的初稿.

【72】

地说明,只是具有历史兴趣.重要的是,在对生命起源具有根本意义的物理和化学结构有了了解之后，这个问题今天能够确切地予以回答了.

人们可以在人工条件下的试管中，以及在细胞的系统中把达尔文意义下的选择与进化方式明确地再现出来[13].在这里这是纯粹的语义，不论人们是否把这种特征的物质——即使它是从自然细胞分离出来的——看作是进化的结果或者简单地看作是已知的化学合成产生的极小分子.原则上,化学家能够从元素中来合成这样的结构,在进化实验中只是由于节约时间之缘故,人们使用从自然界中提供的像酶和核酸这些物质.

达尔文的原理在物理上是可解释的，并且在先决条件和边界条件准确的特殊情况下,可以给出精确的原因.这在上面所述的小球游戏“选择”中就明确地出现了.

第1个方案说明,重要的是一个依据一定的概念引进的反应方式，而不是在选择竞争过程中被淘汰的每个个体或群体间不同的关系,它就像在第3种方案中是作为先决条件的.我们在此有一个悖论,每个游戏都是以唯一的一个选择结果结束,但竞争对手之间却没有以任何方式有所区别.可以肯定的是,在每个游戏中选择的事实可以预先知道,但不是具体的结果,即哪个球的颜色将被选出(见图8).

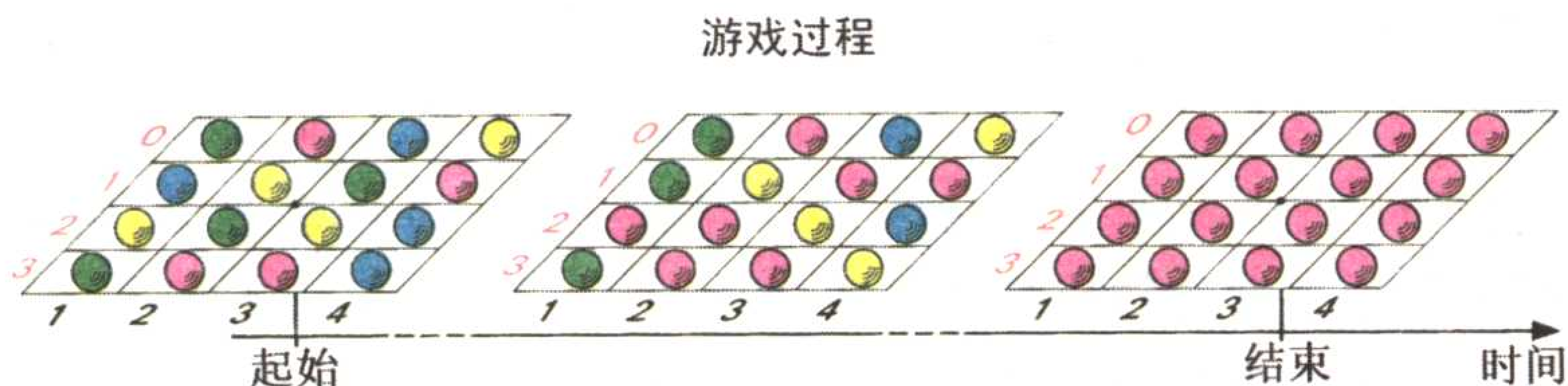


图8 “选择”.该游戏是以一个有很多种类的球开始的,每种球都有大约相同的数目.仅仅只通过对每次所投掷出来的球的增加和减少交替地使用策略S_+就总会出现球的颜色的选择.

【73】

这个选择的事实首先是对球的群体的增加和减少使用策略S_+的结果.它不与单个球的不同行为相关,尽管它在数量上是相关的. 假如我们在这里提出这样的问题: 哪一个竞争者是最佳的?哪一种是最适合的?那么答案将会是:这就是那个在竞争中最后的胜者.除了选择自身的结果没有其他的判别,达尔文的原理在这个例子中完全是一种自我重复: 活着地生存着(Survival of the Survivor).

对选择的理解重要的是, 如果我们能够亲眼看得见这种奇异的情况,它保持着选择值的蜕化(和仅仅局限在增长的情况才能被观察到).这种奇异情况表明,在进化的过程中依赖着一个确定的机制.

另一方面,这里涉及到一个理想状态,这种极端形式在自然界中根本无法实现. 一个这样的关系是把演化过程中所有物质携带者的力学性质完全平等地作为条件. 自我重复的解释把种群遗传学家首先给弄糊涂了. 正好像在生物这样复杂的一个系统中, 是根本不可能预先去计算生与死中起重要作用的动力学因素并因此来预知,哪一个竞争者是"最佳"的,以及物理上它意味的是什么? 因此,只能留下自我重复的解释:最佳的是那些生存下来的.

因此,要给出选择的一个明确描述,只能在极端的竞争条件下才有可能.这个在进化的历史过程中一般说来不能实现,它说明"遗传移动"的现象,最近几年,在物理遗传发展的不同阶段所表现出的效应中依据对生物宏观分子的排列分析, 这些现象才被认识到.人们把这种关系认为是非-达尔文的,这样的事实可追溯到与达尔文原理密切相关的历史解释. 遗传移动的存在是由于在选择(大约)同等重要的物种中的概率关系方式,并且在选择游戏的例子中完全是可以理解的. 【74】

尽管在新-达尔文学派的概率性假设中,达尔文论述的逻辑结构是清楚的,但是回到"最优"的概念上,在分子动力学和热力

学的参数以及它们互相关系的实验证明方面，也只是在自我复制宏观分子水平上才能达到.这也说明,处于竞争中的所有个体在对选择具有重要物理性质方面相互差别可以很大，人们可以给它们各自定义一个自身的、有物理意义的,而且预先可计算的选择值.“最佳值”相应的是选择值的最优值(最优值的概念已在第31页中与冯·诺依曼的游戏理论一起作了介绍).

选择状况首要的是基于以应用为目的的策略.生与死、建设与毁坏,在此,这两个方面都可用协调策略S_+.对于衰减率以及死亡率来说,我们早已把策略S_+认为是完全自然的策略:如果每个个体都有一个与总体数无关的中间生存期望，那么整个群体人口下降率是与已有的个体数简单地成比例.对于上升率而言,S_+就意味着自身增加:再生.这是生物演化必不可少的条件.由此推知,需要一个不断的能量供给,即一个新陈代谢,来维持自我繁增的过程.大分子常常由能量充足的“构造基石”来构成而在能量贫乏的衰落体内消亡(见第273页).这个系统不能转变为平衡状态,就像在埃仁拜斯特模型中所表明的那样,平衡状态对于合成反应只能在反变策略S_-下才允许.这个——有些复杂,但现在还是完全可以看得见——互相关系在其他地方是能被详尽地表示出来的.

在一个具有自身代谢的生物体上可以使用合成策略S_+.有性繁殖只是这种一般自我再生机制的一个特殊方式. 在分子级水平上，我们也可以找到自我繁增和再生的其他形式. 在照相【75】中,比如说吧,拷贝是位于底片隔层之上的.类似地,我们处理分子携带物,即位于细胞核中的核酸的分子体.它们在互补链带的中间层次之上复制着自己.这种过程将在第15章详细介绍.此外还存在着循环再生过程. 这个在当今实验演化研究中提出的有趣问题本身就涉及到像自我催化的自身组织这样的问题.

我们可以肯定：存在着——直到物质机构的分子水平以下——一系列的机制,它们能使得再生或者更一般的,使得协调

策略S_+的使用在上升率中成为可能(这是内在的自催化).策略S_+有不同的实现可能性——比如,线性自催化的、循环自催化的或者超循环自催化的再生(第11、12章)——这些都是有条件的,即在对群体增加和减少所采用的相同策略的组合中总没有相同结果出现.如果上升率比下降率高,则所涉及的种群分布稠密度会以爆炸性增长.由于机制的不同方式,这两个比率以增长的种群密度来改变自己,它使得下降率能"赶上"上升率并且使得那些存留下的种群或者它的一个部分稳定下来.此外,在比较选择值的竞争(突变)中,"迷向飞行"的情形对于占有分布来说也是可能的.它是进一步向前发展的源泉.对明确选择决策的最终形成具有重要意义的一个条件是生存空间的限定和可供使用的建筑物质和能源的限定.在游戏的例子中,这就是相应的有界棋板和有限的球数.

同样,在自然界中也出现生存空间以及物质和能源供给的限制,但是却很少像在游戏中那样以明确的边限条件形式出现.关于达尔文原理如此经常地被错误解释,其原因正好就在于人们没有足够清楚地将规律和边界条件分开来.在自然界中没有预先的条规去规定一定的界限.对于在给定限制下,有规律性地总结出来的演化过程来说,它却是必要的,尽管在其内部,作为基本事件不确定顺序的结果,还有一个个体复制选择的自由性. 【76】

对于游戏结果的解释,我们必须允许自己的想象有点自由,那些在游戏中只有极少量数目的球说明,在现实中可能涉及无法想象多的变化因素.是的,正是由于这些可能替代的物质状态的丰富繁多,才需要一种选择机制,它自身能选择出一些极为稀罕的有生存能力的变体,并且保护它们免受灭绝.这种机制能够实行的必要性已经在生物大分子——核酸和蛋白——的水平上存在着,而且是所有地球上群体生物演化的基础.

在第一种游戏方案中可以清楚看出,由于对建设和毁坏使用的是协调策略S_+,就有选择的唯一性.第二种方案说明,在比

率等值的情况下,突变又会将可变化性带入游戏,只是在第三种方案中,我们才能经历赋有一个优先方向的演化,它是再生、突变和选择性赋值的结果,并且我们可把它用达尔文所说的概念"最佳者生存"来重写."最佳者"在这里是根据分子动力学规律通过一个赋值来确定的,而且它不再是——像在第1种方案中那样——仅为偶然性的产品.偶然是在这样一些顺序和这样一些突变中才出现的.规律的必要性就是突变出现,由此出发,"如果-则"——原理成立.这种规律与偶然的组合可以充分地解说演化中时间上的优先方向.

在一个对选择理论有争论的文章中,我们可以找到这样的句子:"人们不会走弯路(所说的是无计划突变),假如他是向着一个目标奋进的话."具有优越性的突变部分相对整体数而言是一小部分,这是对的.然而不对的是突变朝着目标发展.首先是通过选择,来选定唯一的目标——因此也就避免走了弯路.【77】

这个例子清楚地说明一种形式推理的危险性,我们在此想提及一个众所周知的说法:比喻永远不能代替科学论证.人们总可以根据论证的结论,试图在其帮助下来解释一些复杂的互相关系.一个证明也只能通过细心谨慎地分析在可检验的自然规律下得以成功——这里要有先决条件清楚的表述和对结论经常的检查、实验和观察.当然错误结论也是难免的,但是当人们一旦发现与经验有丝毫的不相符合时,就会毫无顾虑地加以抛弃.

现在策略组合(++)是不是唯一的能够解释演化方式的策略呢?

对游戏矩阵的一个认真分析说明,组合(++)和组合(--)根本上是等效的.人们既可以使用策略S_+也可以使用策略S_-,只要是同时对上升和下降进行的.但是这种等值性只存在于"想像"而相反不存在于"现实"中.在自然界中需要设法想出一个化学反应机制,使得反变策略S_-对两个比率来说同时能得到实现.这样就有了酶,它有这样的性质,依据控制培养基来开始和中止它

的催化作用.首先是在发酵和呼吸的反应循环中,这种形式的酶成为一个规则,被供给和被需求,经常用到.我们在此讨论的是高度特殊化了的奇异演化物.没有一类大分子,它宏观地具有像这样一些策略特征.因此,这种规律只能在一个培养基的狭小浓度区域起作用;而正好在对演化感兴趣的区域里只有非常小的浓度——每个变异首先是以单体出现——完全不适合这种方法.

对于分子类的自身组织,人们总是需要一种举措,它能体现整个涉及到的类别的内在性质.只有这样才可能连续进行发展.【78】基于此因,核酸就必须在大自然中来寻找:所有的生物都反映出它们基本的再生方式S_+,而且这对于有生命结构的分子自身组织是基本条件.仅在事先程序控制的规则机体中就能发现反变策略S_-同时对两个过程起着作用.同样,人类自身在使用特殊转换材料的技术规则范畴中,也模拟这种策略.

达尔文当然是反对这种深入到细节的观点.本章题目中的词“达尔文”和“分子说”所表示的一个联系,也只是在我们这一代才通过分子生物学,人们也可以说,通过生物、化学和物理非凡的共同努力得以建立.达尔文通过敏锐的观察所得的以及他以简单形式所表达出来的结论可在材料统计理论中找到它自然规律性的证实.这两个学科都是来自相同的历史领域.路得维锡·波兹曼和查理斯·达尔文都是同时代人,一个把统计的结论引入到物理中,另一个发现生物演化中的规律性,我们将在第二部分还要讨论这些知识的综合以及由此来讨论选择原理的物理背景.

5.3 幸存游戏

我们现在已经把游戏的所有基本策略都作了介绍.在古典的集体游戏中,这些策略也常出现,或多或少地改变了出现的形式.当然它们在数量上是以特有的方式展现的.这样的例子

就包含在合作游戏方案中，在下面的各章中我们还会遇到它变化了的形状.作为集体游戏的范例,我们最后还要考察一下选择游戏,在那里我们所讨论过的策略,组合地出现,根据其自然性质,它是一个幸存游戏,因此我们称它为“生存”(英文【79】Survival).

表格6 “生存”游戏

这是一个在8×8格子的平板上进行的游戏,每个格子都由坐标标定,并且——像选择游戏一样——球的命运是由掷骰子来决定的.出生、死亡、竞争和生存空间的安全限定都特征化着这个游戏过程,它不仅涉及到了上章所讨论的规则,另一方面它还允许游戏有足够的自由性,骰子的偶然性决定和对其偏爱的技巧都能得到充分利用. 游戏的胜者是那个在最后拥有较多“安全”位置球的参加者.

两个游戏者开始时是交错放置自己颜色的球——运用有策略的观点,在开局阶段就去占领尽可能多的可生存位置——直到格子总数的一半(32个格子)被占据,以后便开始掷骰子——严格地交替进行——在此有下列规则:

1. 如果投掷骰子的人投出的骰子标记是一个空格子,则允许他用一个自己颜色的备用球安放在该空格子处, 如果他没有自己颜色的备用球,则允许他把一个放在不利位置的自己颜色的球移到骰子所示的位置.(如果他的球都已处于有利位置,则允许他不做什么).

2. 如果投掷出一个格子,而该格子由对手的球占据着,则该球必须被拿掉,即用作备用球,这种现象只能在该球不位于可生存位置时发生.

3. 如果投出的格子是自己的一个球占着——在类似的一些区域中也是同样有效的——则该球的个数倍增,在此就是说取出一个备用球或者从不利位置取出一个球,把它放置在任意的空格子中,在此情况下,允许该游戏者接着再投掷骰子一次,并按上述规则操作.如果该游戏者有幸还投出自己球所占的格子,则重复一次执行上述规则,关于这个过程没有次数限制.

格子在这里含有一个策略的意思.游戏开始时所有格子都是等值的.通过球的占据,这种等值性就慢慢消失了.这种效果模拟着物质粒子之间的特殊交替作用.

a) 可生存位置:如果四个球位于一个区域(见图9),组成一个连通的四方块,则它们是"稳定"的且不再被淘汰,除非他们被对手的球包围而成为不稳定地域.这个块状的可生存区域可以很容易地扩大,比如说,可以通过加上两个球而构成一个新的块,在每次新的四球块形成以后,允许其对手任意取掉一个不稳定球,而成为备用球.重要的是在游戏过程中能有多少块形成(见图9).

【80】

b)包围:如果对手的一个区域被完全包围,则可拿掉该区域上对手的球,即将那些球作为备用球从格子中取出.作为包围圈只能是一串球围成的封闭直线段并且是垂直相交的 (见图9), 边缘上的格子也可用作包围圈.

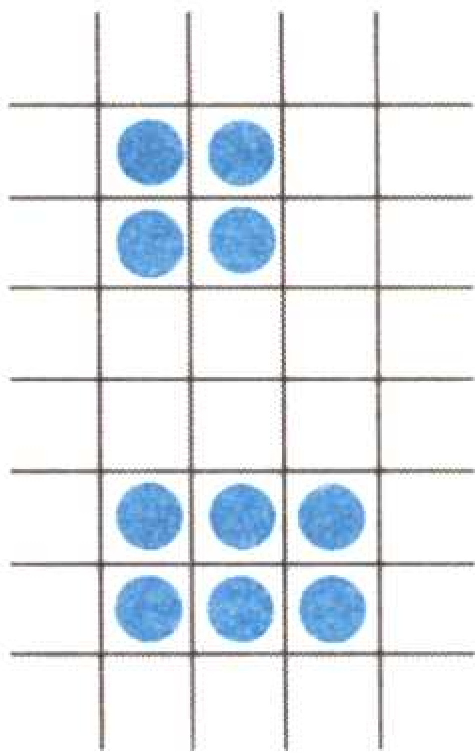
这个游戏的结束是: 如果一个游戏者把自己所有的球移到了稳定的(可生存的)位置,然后计算所有在可生存位置的球的个数作为点数,胜者是得到最多点数者.

这个游戏类似——纯表面的——日本围棋*. 首先在开始布局是类似的,同样根据一定的战略来放置棋子.这个阶段只是用于建立——对每个参加者或多或少有利的——初局. 真正的选择游戏是由投骰子开始,此时,由于规则的作用,统计波动的各种可行性都会出现.

首先有这样的规则:空格子(在投骰子时被遇到)可以占据,一个由对手占据的格子允许可以变成空格子.这一规则,就自身而言,它产生一个平稳的中值占据,就像在平衡游戏这个例子中所显示的那样.如果许多格子被占了,那么也就有许多球被拿掉

* 译者著:围棋是中国人在古代就已发明,而不是日本人,这一点在许多日本人著的关于围棋的书上也是承认和这样写的.

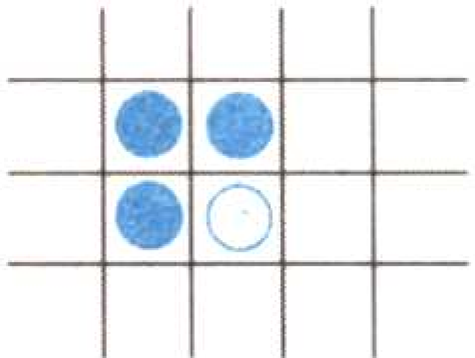
【81】

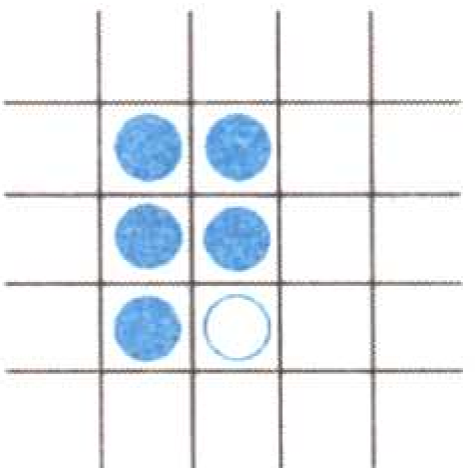


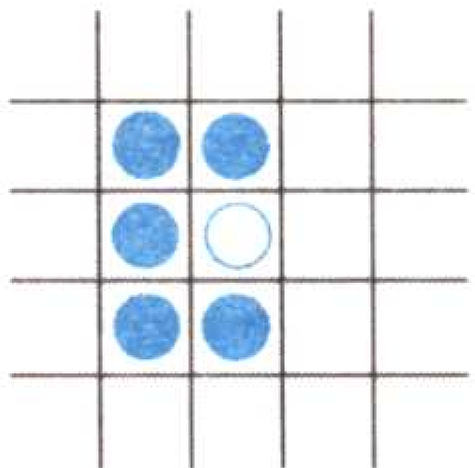
块

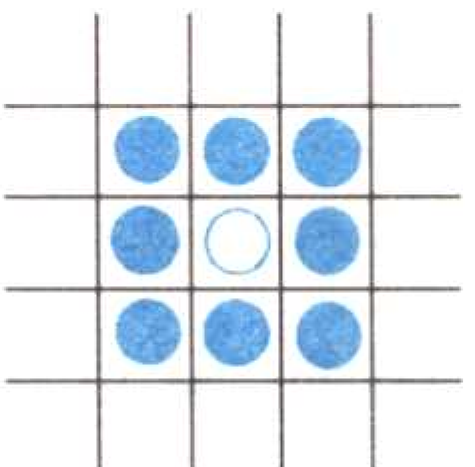
扩展的块

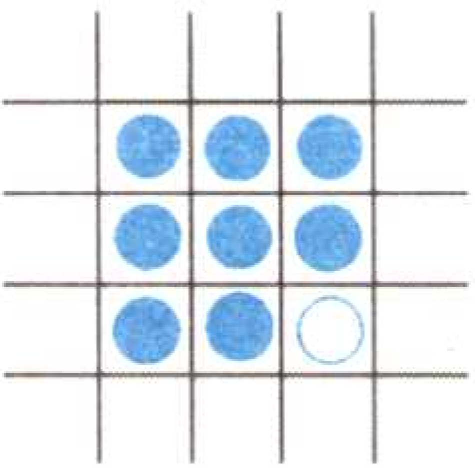
块的完备　　　　包围

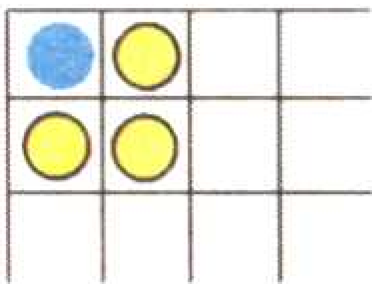


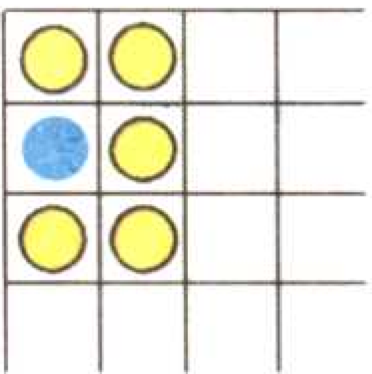


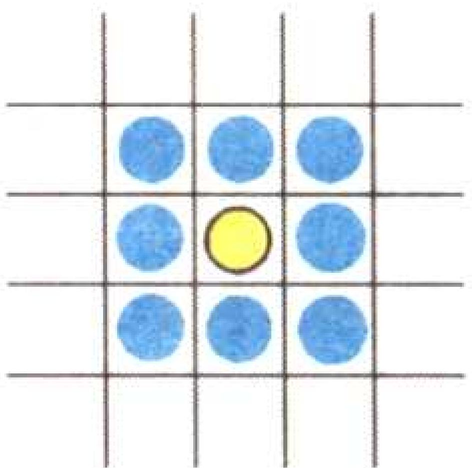












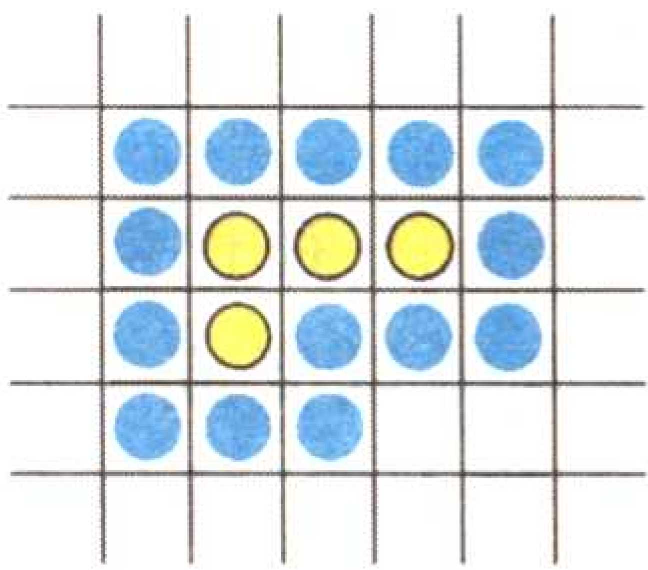


图9　解释不同的可生存位置，它们都是由块的完备得到的，以及包围的几个例子.

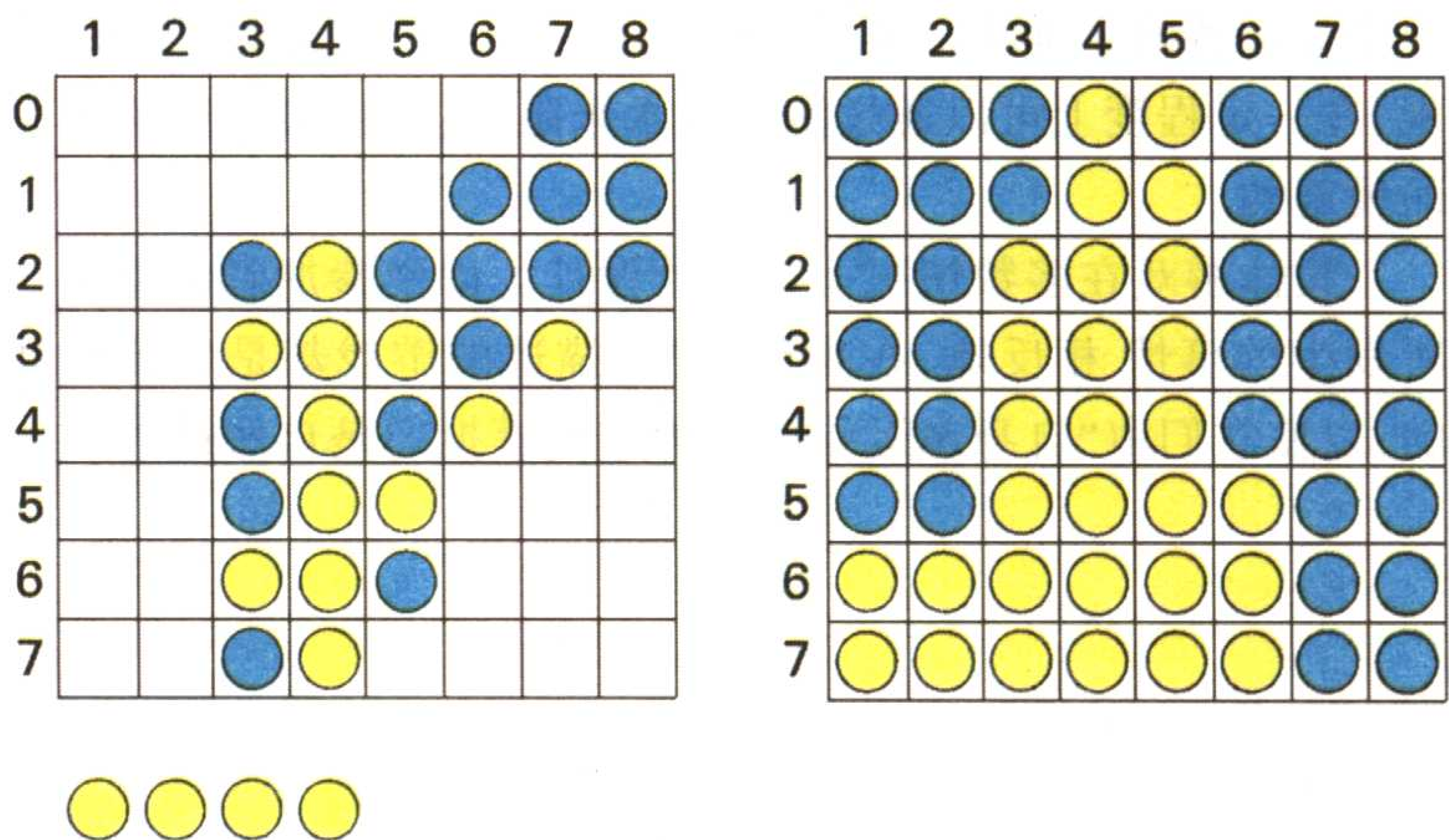


图10 “生存”.左边的游戏板所示的是开局时一个典型的球分布.蓝色成功地组成了四个(重叠)可生存块,因此,黄色失掉了四个球.经过投骰子阶段后的最后分布如右图所示,蓝色小胜.一般说来,游戏是以不同形式的球分布终结的.

【82】

了,每次骰子投出,空格子被占,就相当于一个“原始生成”.但在较高占据密度下,像这样一些现象无足轻重.有生结构繁增规律是一个自动催化的自然,这就是说:只有在那些生物存在的地方,才能进一步繁衍.倍增规律体现了这种考虑.

假如增加与减少确切地与所占据的格子数目成比例的话,那么总体密度——像在“迷向飞行”游戏中——将是无控的波动.基于此原因,要引入一个附加的与占据相关的“选择优先性”:可生存区域,多次地投骰子,包围等等.这些都会引起一个“非线性”游戏过程的高峰.

所有这三个影响:稳定化、波动和不稳定化都确定——如在自然选择中——游戏过程.它是依赖于偶然性决定所导致的情况,即哪一种影响最终能够完全实现.这个“生存”游戏常常是以类似和棋的结局结束的.但是灾难性结局也会出现,那就是可能

【83】一个参加者的全部球都处于死亡状态，像这样灾难性结局的出现,在一定程度上可以通过游戏战术来阻止;但也可能正是由它而挑起的.

集体游戏在多数情况下是如此设计，以使参加者能够影响所发生的事情.相反地,在表2-5中所描述的游戏却是如此设计的,以使它们由“自身来运作”,因为它们模拟的是自然过程.【84】

第二部分:空间和时间里的游戏

"在形式本能和物质本能之间应该有一个共同体,这就是一个游戏的本能,因为由有形式的现实、有必然性的偶然、有自由性的痛苦而构造的统一体才能把人类这个概念完备起来."

佛利得里希·冯·席勒:《关于人类美育教育》第15封信. 【85】

第6章 结构、模型、形态

现实世界的现象图是有很强的结构性，保守动力作用冻结着随机性而创造着固定形式和模型. 动态的序状态产生于在能量不断消耗下物理和化学过程在时间上的同步. 生命的序是建立在“保守”以及“消耗”原理上.生物的形态，思想的形成，这两者都在偶然和规律的交替游戏中有它们的根源.

【87】

创世初就有形态构造.“地球是一片荒凉空荡，在深处是一片昏暗.”“深处”——犹太语“t'hom”——在此作为无形状的原始物质的意念图,这个原始物质也反复地用majim,水来解释.在这里所指的不是原始介质的物质聚积，而仅仅是指它的时间和空间的无形状性.由此出发,首先是在光明与黑暗中,空间和时间,白天和黑夜,天与地、陆地与海洋的自我建立.

形态基于空间和时间的序，但它也可以在一定数量的不同类别的排列中诞生,作为一个统一体,它的显现只是当它的整体性多于每个部分的总和时.——这是一个基本性质,由亚里士多德提出的，并且从他的学生和追随者直到新柏拉图者都对此进行反复地评论：

“如果七弦琴的每根弦都发出吕底亚式的音调,并且所有的人都按自己的方式来弹,而没有整体的和谐,那么无疑

每根弦对其自身来说都是发出正确的声调.但是,那个由所有弦通过共同的声响而产生的和谐,显然是与每根弦的声响有区别的.因为所有弦一起所组合产生一种形式,它在不连续的和音中是不会存在的.因此和谐的整体性也是这样的,当它们在一起发出声音(或者当它们在空间中也彼此有距离)时,就不同于它们单个的声音;但是,当它们在合并中产生出和谐的形式时,这种整体性就此而言是相同的,就好像没有单个声音加入一样."(哲学研究,公元6世纪,引自沙木布斯格[15])

形状这个概念的实质既表现出了它的"超量聚集性"又表现了它的"可转换性".形状在我们的思维器官中是作为一个整体来反映的.一个空间结构的轮廓由眼球的晶状体捕获,再真实地映射到视网膜上.在这里就产生了一个电信号形式的这种变化,这些信号通过神经脉冲在时间上的协调后,进一步【88】传送到大脑,由无序的单个脉冲发射再变成一个信号的有序排列.首先在脑皮层再变回到一个电子活动的空间模型,它是以神经细胞兴奋的波值形式根据所存储的感受进行分类和赋值的.

以一个类似的方式,我们的听觉器官捕捉声音,先将其转化为时间上相一致的脉冲,以分开的通道传送到感觉中心,并且在那里以一个空间上固定的记忆存记起来.一个形状在我们的感觉中完全是相对关系的一个统一体,这些关系能够再产生地校正已有的神经细胞统计式的放电.因此,形状就是那个在我们的感觉可达到的空间–时间–世界中,从一个统计式的离散"蒙胧背景"里显示出来的东西.

有形感觉体的每个部分之间的交替作用可以具有非常复杂的性质.是的,这个"大于部分和的出现"尤其有可能就出现在我们的大脑中(也见第16章).

6.1 保守结构

物质的立体结构总是归结于各部分之间物理的力作用.它是唯一对有序状态的形成起作用的.作为相互作用的结果,关于形状我们已在第4章和第5章的小球游戏中遇到过. 在此我们把它作为我们思考问题的出发点:我们现在再来考察一下在第4章已描述过的埃仁帅斯特模型, 在这里两类球根据统计机制可以彼止相互转变,对每一个球自身来说,有一个确定的可相互对换的α-预先概率.就全局而言,由于群体作用的结果,一个中值平衡分布秩序就会产生, 它纯粹是一个量的顺序而没有立体的形式.不同颜色球,虽然在数量上——在一定程度上——是控制着的,但都在游戏板的所有格子上无规则分布.一种颜色的球堆积【89】在一起纯粹是偶然的,并且就其出现频率来说是不可再产生的.一个立体的有序模型的出现只有当我们附加地考虑到相邻者有关的转换作用及其他所影响着基本转换α-预先概率的时候.在这样假定下的游戏方案中,就会出现特殊的合作效果.因此,比如说——根据布拉克和威廉建立的合作转换理论——可以引入这样的规则,一个(投掷)格子上的黑球,如果所有八个相邻的格子上全是白色球,则允许该格子的黑球变为白球,反过来也对.如果不是这种情况, 则所涉及的这个球——根据是与否-决策——再一次投骰子, 而且规定每个其他颜色的球以及相邻的空格子变换的概率减少八分之一. 这样在一个全部是黑色球的区域就不可能来放入一个白色(或其他颜色)球.(这在巴伐利亚的乡镇选举中,一些候选者就可以体验到.)协调相互作用的强度当然可以变化,弱小的合作通过一种特殊情况来体现,那就是仅仅一个相邻的格子里的球与所投出的球有相同的颜色. 这样的情况正好就是开局时的规则, 球的分布在这里根本不受不合作模型的影响,只是随着不断增加的相邻关系的作用,相同颜色球占领区域才系统化地扩展,直到最后出现一种状态,即游戏板

的一部分区域只由白色的，或与之相反的另一种只由黑色球覆盖着。在其他一些统计游戏中，如果正态分布不能稳定化——如埃仁帅斯特模型——那么一种颜色的球甚至可以全部覆盖整个游戏板. 液体状态的凝聚以及溶化中的结晶体进行的就是这种类似过程，它已在有协作性质的埃仁帅斯特模型中作了描述.相应的物理理论表述，如像俄罗斯物理学家列·大卫多维奇·兰道[15]和他的学生【90】建立的理论，可以直观地通过所提到的小球游戏直接地加以说明.

分子中精确定义的原子分布，蛋白质的空间结构，晶体构架中基本粒子的系统排列顺序，群山叠起的奇特形状，或者夜晚可见的星系壮观景象——所有这些都是起因于在物质微粒间统计的力量作用，这些微粒部分都在整体状态中保留着或多或少各自对称形状的印迹，这种形式的结构，人们把它称作“保守的”.*

保守结构可以是非常的复杂.蛋白分子就是这样最理想的例子.所有基本粒子(见图11)精确意义的立体顺序仅仅依赖于保守的力量作用，在这个模型中非常清楚地看到，保守结构根本就不需要简单的对称作用，同样位于有生和无生物质交界处的病毒也起源于保守力作用复杂地叠加，病毒粒子的分子带可以完全分解成单个合成分支(见图12)，并且由此，像拼图一样，——这在自然中是自动运作的——可以重新组合成传染单位. 作为物质粒子病毒就像矿物质一样可以往晶体带中输送，在细胞环境中它的表现就像有生物，它的再生和繁增是最大量地充分利用寄生细胞的原料转换，这种细胞常常也就因此而消失了.人们可以把蛋白分子或者病毒——尽管由于它非常复杂的细微结构——晶体化，这个事实我们还要与“对称”相联系对它作一讨论。为了对于有关的联系有一个动机性的理解，我们只需考察莫瑞斯·考尼勒西斯·艾什尔的一个独创的绘画(见图13).

---

* 在保守力中，对于每个位于该力量场中的空间位置都有一个与时间相关的势能.在力量场有一个运动时(振动、旋转)，动能和势能的和是不变的.

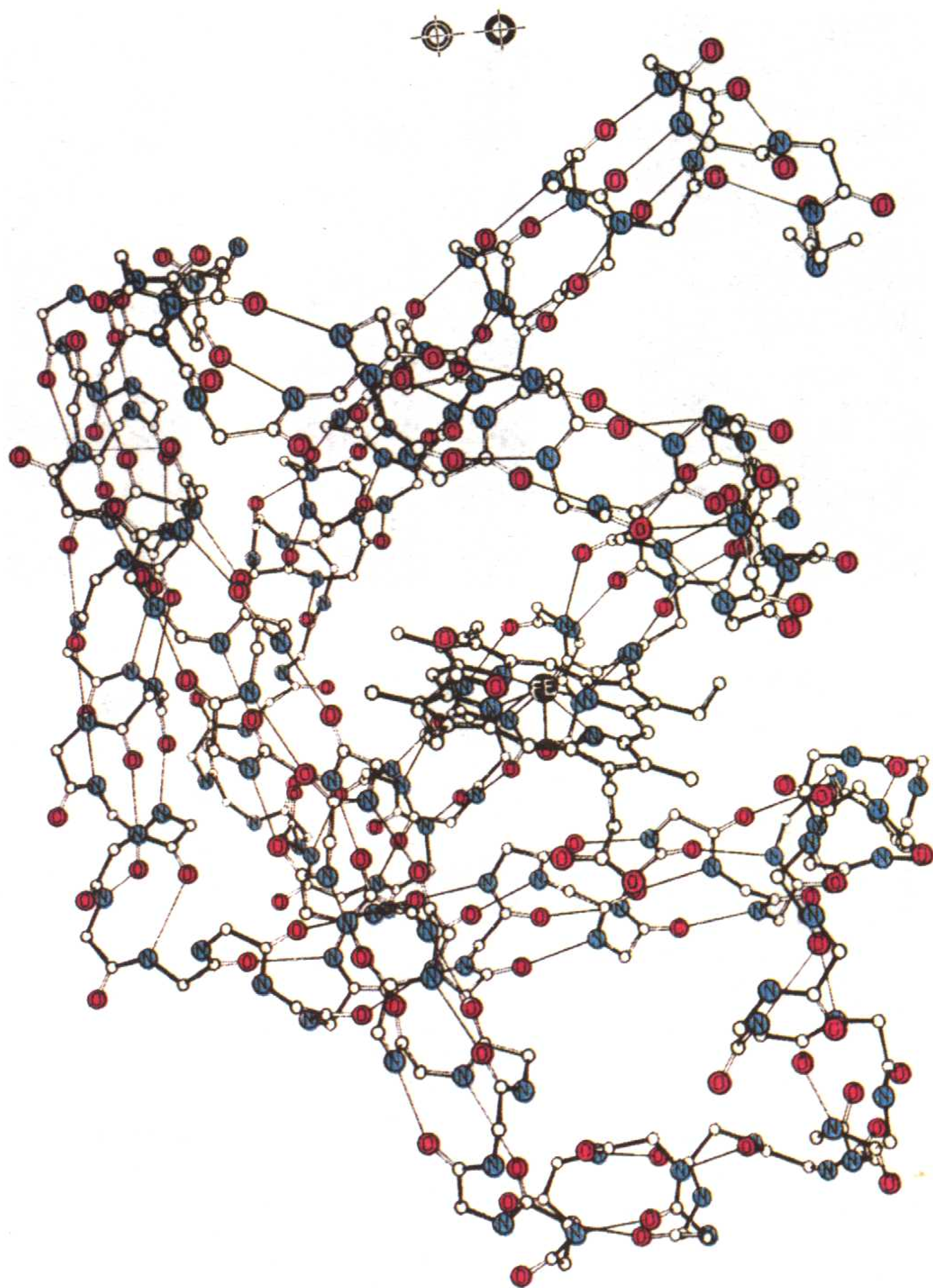


图11 蛋白质分子结构是一些保守力作用的结果，它们把所有原子的基本粒子位置固定起来，这种结构可以由伦琴射线的衍射清楚地再构造出来.图中所示的是一个在三维折叠下血红蛋白分子链.活动中心(图中间)，它形成一个“袋子”，周围围绕的是固定在铁复合物Fe上的氧分子，血红蛋白结构由马克斯·培乌兹[17]给出，他还友好地提供了上面这幅图.

【91】

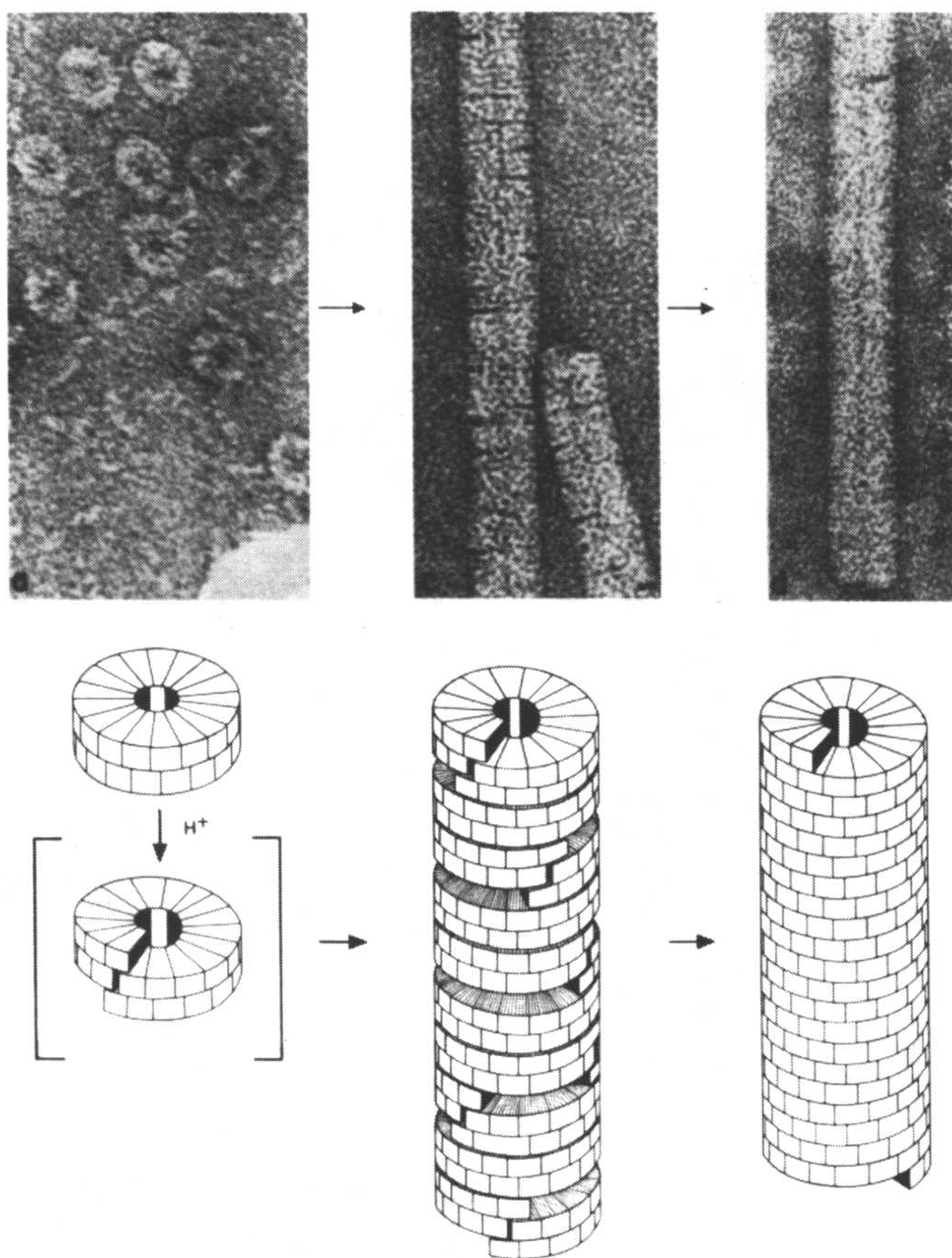


图12 病毒粒子再构造拼图游戏,在电子显微镜下,这是肉眼可见得到的.再复制的比例(图中的上部分)大约是500 000:1.病毒蛋白在中性溶液中是一些圆盘状的聚集物,通过氧化,它们首先变成一些小的圆盘,然后经过约15分钟(图中上部分的中间),成为一些大的圆盘而聚集在一起,一旦位置有错误,它们也会断开.大约18小时以后(右上角)其结构就完全形成了.在图的下面部分,又将这种聚集过程简要地再次重现出来.这个实验是由阿荣·克路格[18]进行并给以解释的.

【92】

保守结构首先是一个平衡结构，它是由(自由)能量的绝对极小值特征化的.但是也有一些，它仅仅是由局部的或相对的极小能量所确定，在任何情况下，它都不需要为保持这样的结构而消耗能量，比如以新陈代谢的形式；这对一切生物现象是必不可少的.

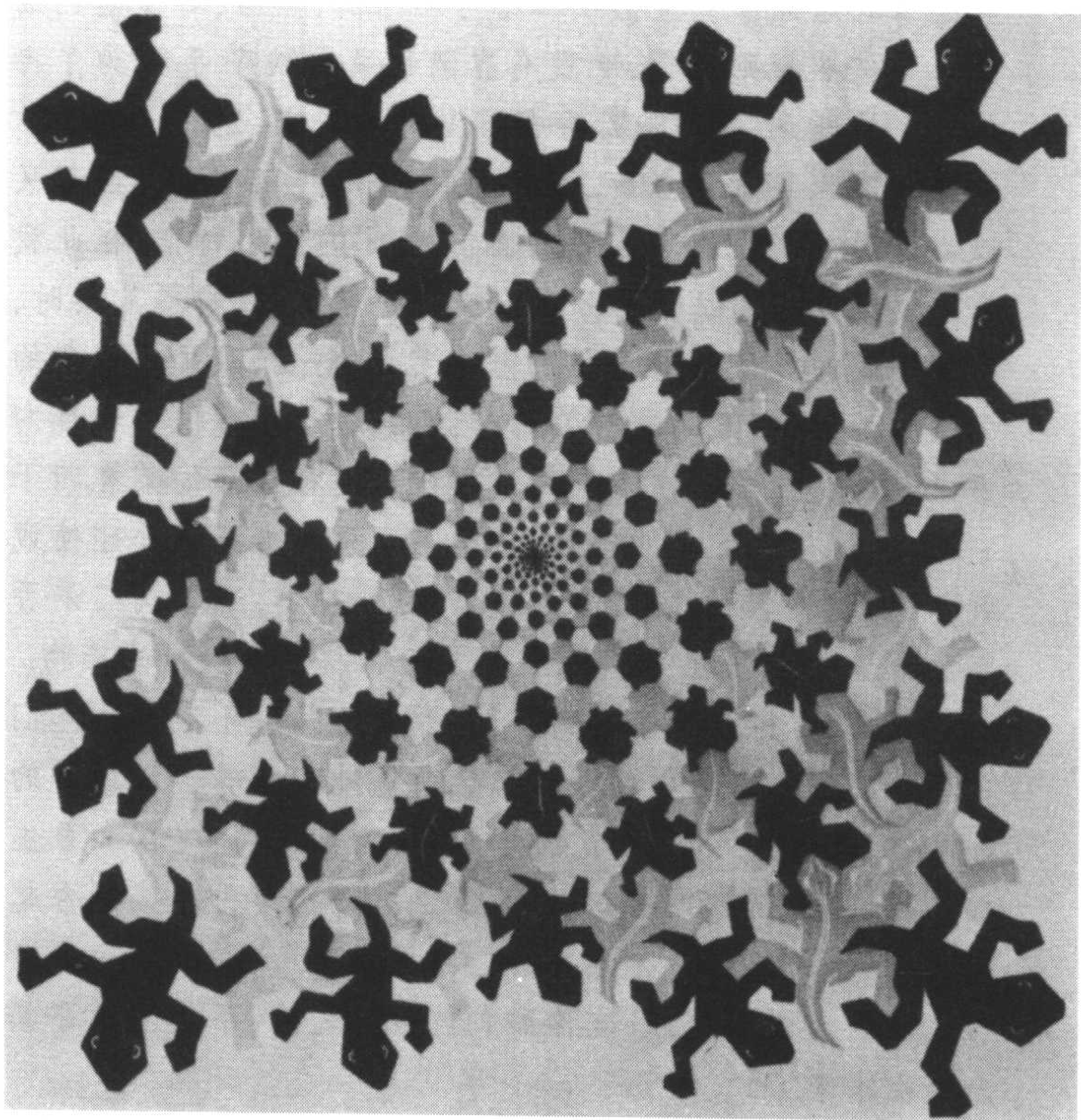


图13　“发展Ⅱ”(1939)，莫瑞斯·考尼勒西斯·艾什尔(1892—1972)(《莫·考·艾什尔的世界》，哈兹·莫欧斯出版社，慕尼黑).

【94】 空间序的两种基本不同形式也引起了歌德[19]的注意力，他在关于解剖学和动物学的演讲中写了题为"关于有机组织的法则，对此我们在类型构造时应该遵守"的文章：

"为了使有机物的概念更容易一些，我们看一下矿物体．它的多种组成部分是坚硬和不可动摇的，然而，好像它们的联系是按照规则进行，既没有界限也没有秩序可言．为了再构成新的联系，其组成部分都容易分离开来，这种新的联结关系也可以再次被放弃，而矿物体，好似被破坏了，但却又以其完整的形式出现在我们面前．矿体的主要特征，在此我们要提的是它的每个部分在合成一个整体，配位或从属时，都是等效的．它们根据自己的基本定位有一个较强或较弱的关系，如果它们显示这种关系时，它们看起来就像一种趋向方式，因此，化学家在亲族关系中把这一种选择的荣誉归于它们，但这只是外表的确定，它们在这里或那里到处碰撞或磨擦，通过这样的方式，矿体就产生出来了，不管我们是否愿意承认它柔软的一方面，它总是日常自然界生机的产物．

相反，有机物是多么的不同，即便还是极不完整！它们在不同的一些器官中处理着自己所接纳的营养，即通常的分泌物，或其中一部分．它们给予这部分某些优先权和自主权，在这里它们在自身内部的深层把一些与另一些组合起来而成为一个肢体，在此基础上再构成自身，并赋予一个多种生命的生成形式，当这种形式被破坏之后，不能由幸存部分再生出来．

如果我们现在比较这个不完全的组织和一个完全的组织的话，我们就会发现，那个用一定力量和个性来处理基本影响并由此生成的有机部分不能提升为一个高级的固定形【95】态，好像已经具有完美的动物本性了．因此，我们知道，为了不离题太远，比如说，植物，它们自身在一定次序下形成，显

示着一个同样的器官但至多是不同的形态而已.

关于新陈代谢所遵循规律的确切知识，这将是植物科学,不论是在外部描述还是在植物内在性能的分析上,都要进一步推进的”.*

可以理解的是歌德对有机结构可变性的着迷要远远大于对它们不变性或持久性的兴趣.最终作为他包罗万象思虑的目的，他也有人类思想和意识形态不断转变的观点：

“每个植物都告诉你永恒的规则，
每朵花,她都在与你大声地交谈.
当你在此谈着上帝神圣的字母时，
你能到处看见它们,还有变化了的特点，
小虫缓缓地爬行,蝴蝶匆匆地采花，
人类自身如画一般变化着自己的身形”.

6.2 形态形成

对于当今的分子生物来说，一种形态的再复制无疑要比它偶然地变异状态更令人激动些.

就像所提到的,保守结构首先在其子细胞,分子领域都有形态构造的重要组成部件. 整体信息储存的分子结构、核酸双螺线、生物液化剂中功能群的空间排列、酵母、整个小器官结构和细胞结构基本上都是基于保守力量作用的，它把每个细节的空间位置确切地固定下来. 遗传工程的不变性就是这种僵硬的保守力量可以看得见的表达. 而偶然的变异和突变自身就是一个【96】

* 我们在此详细地引用只是想说明歌德作为一个观察自然者的能力.在上述引用中,令人值得惊奇的是,两种结构形成原则的基本特征是明显地不同,作为对自然科学知识的解释,歌德的作用不总是处处令人满意的.

在这种水准下通过温度变化引起的“读数错误”,它在自我等同的再生中进一步繁殖并且——如果它能显示自己的优势的话——被选择出来,由此就产生了进化基础.

生物单体发育现在又是怎么解释呢?它从唯一的受精单子细胞开始,然后由此产生上亿多的有躯体细胞发育成个体;它原则上与强有力的拼图游戏相同吗?——根据这样的游戏,比如说,病毒粒子来实现自身的形成(见第93页).如果是这样的情况,那么关于这些成千上万的不同细胞的每一个以及它的组成部分的信息在遗传工程中就必须分开进行预先标定.那将是非常费劲的事.

事实上,大自然选择的是另一条路,即一条完全经济的道路.当然每个细胞都需要它特殊的特征标志,而且由此传递出来的互相作用完全是——像在拼图中——保守的自然性.但是究竟是如何形成了每个单细胞都带有一个特殊的标记,而整个的肢体细胞却是通过再生一个和相同的几个单细胞产生的呢?答案是:存在一个由系统自身以其化学方式生成的形态生成模型——一种化学特别物——这种形态形成在不同的阶段能将一个和相同几个存储的部分信息再召回来.

这个形态学的基本问题我们无疑应该详细考察一下,首先我们要考察的是特征标记的意义是什么以及它是否在此不仅仅涉及的是一个附加的假设(ad-hoc假设).

它虽是一个假设,但是它并非偶然.因为对许多细胞,这样的特征标记,特殊感受器都是能够验证的.

也许最好是研究一下免疫系统中的感受器作用,就像在20世纪的交替之际,卡尔·兰道斯坦预言的前景那样,感受器在这【97】里每次都是由细胞产生的特殊抗体代表的.我们的有机组织制造着这种抗体的一个巨大供给场,它是那么大以致实际上所有自然界中出现的分子模型都可以通过免疫系统中的互补膜片来表示.外来侵入者抗原(比如一种陌生的蛋白分子或者细菌)毫无机会来与抗体这个“警察队伍”进行对抗.几乎总是由一个或

相同的多个互补抗体膜片来识辨并且通过连结和裂变使它们自身不受损害.当然,这些相对少的、时刻“准备服务”的警察们是敌挡不过群体侵入的. 在这种情况下, 总会出现细胞群体的繁增,能生产出刚好所需的抗体.正好就是这个过程引发了感受器有序的排列在抗体所产生的细胞的表面上. 当这些感受器将敌对的抗原束缚住时,它们就给细胞的合成机器发一个信号,提高抗体生产,同时刺激细胞分裂并进而使已有的细胞类型多重化,很快淋巴系统就淹没在特殊抗体的汪洋之中, 它们能使每个侵入细菌的繁殖突然死亡——如果所有的都在正常工作的话.这时我们就说,这个有机组织具有免疫能力.

对免疫的回答基本上可以归结为几个开始时已有的探试细胞的繁增,整体免疫记忆力刻划了一个格外复杂的、与多种互相作用相结合的、具有功能性的网络(见第328页).

在有机组织的差异方面, 如果每个细胞——同时对全体细胞所共用的原料转换和再生程序——都唤起包含在所有整体程序中它那自有的特殊功能, 并借助位于细胞表面的特别感受体将其标记住的话, 那么差异将是充分的大. 对于这样的一个模式,可以得出一系列的结论:

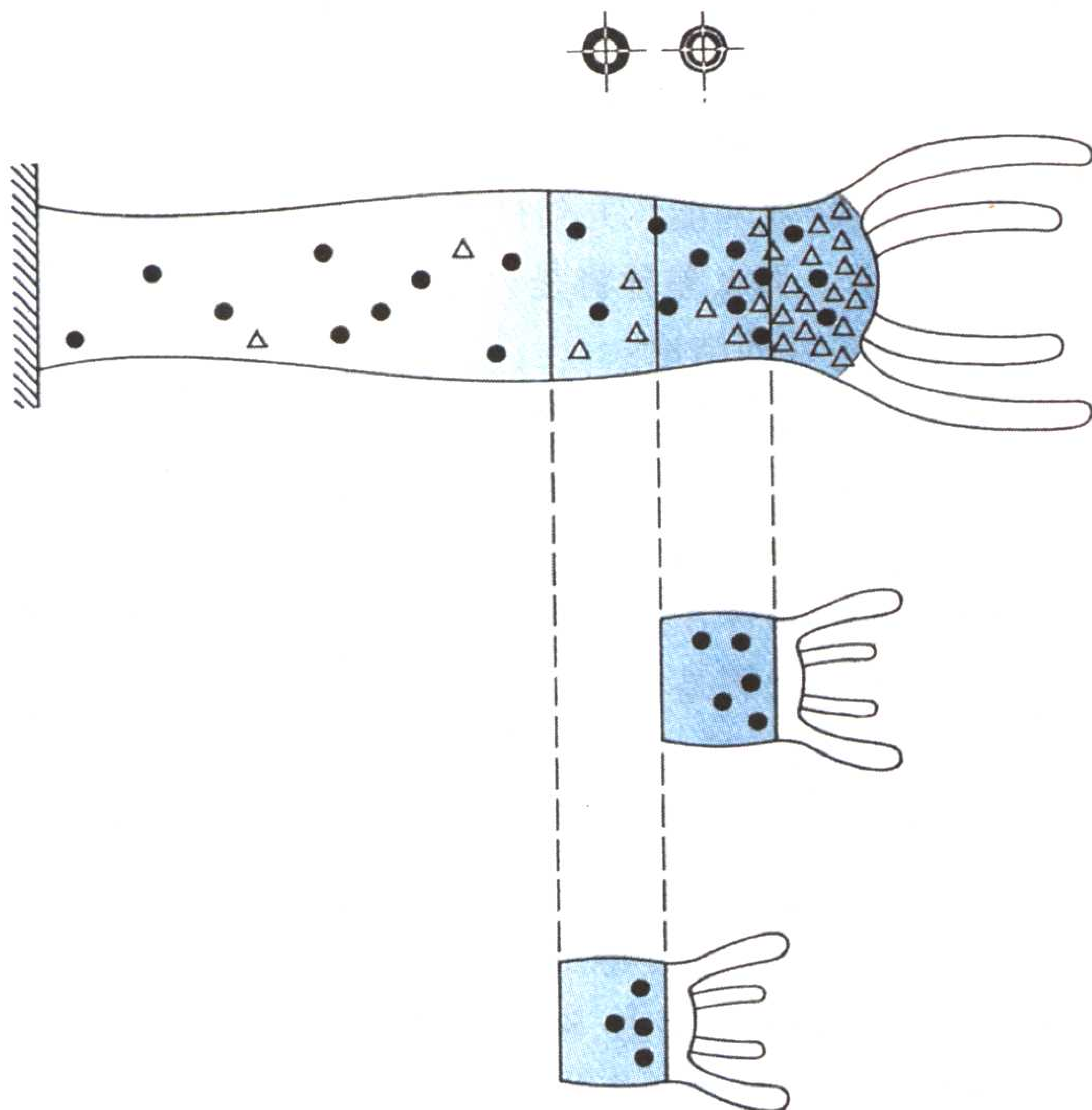
●完整的染色体组织自身在人类中包括的码符号不超过十亿,其中甚至“只有”相当小的一部分作为码功能而被使用着,因此,程序的容量不是很大的,并非成千上万的躯体细胞的每个单体在胚胎细胞基因组里被预先程序化.这种情况说明细胞必须是根据一个等级构造原理互相分开出现. 【98】

●在卵细胞受精后,细胞立刻分裂时,总是再生产出完体的遗传程序, 在此之后才根据决定过程选定该程序的哪一章节对分裂中出现的细胞进行主动操纵以及哪一部分保持被动.

●由第二条结论可得出, 每个躯体细胞都装备有胚胎细胞完整的程序.事实上,通过移植一个躯体核到一个无核卵细胞中,一个完整的生物就可以“人工”地产生(见第207

页).甚至人们也可以在实验中通过外部手段将这种确定过程逆反过来.

【99】 对于细胞的确定和差异问题有深刻印象的实验探索是借助于简单的研究对象:水螅水母类和黏菌类在蒂宾根的马克斯·普朗克研究所进行的研究,例如,巩特·格瑞什能够证明对变形虫的聚合来说,一个化学的同步机制是存在的.阿佛里德·盖叶尔和汉斯·曼哈特研究了淡水水螅的细胞确定过程,这个以细菌为食的生物由大约10万个细胞组成,它可以——没有任何损害——离解成自身的一些单细胞而且在合适的条件下,任何时候都可以聚合成原来的生物.因此,这一种模型建立的过程是可以再进行的,而且能够通过外部作用来提前实现相互的确定(见图14).由一个细胞能变成什么,是不能直接由遗传工程事先



【100】

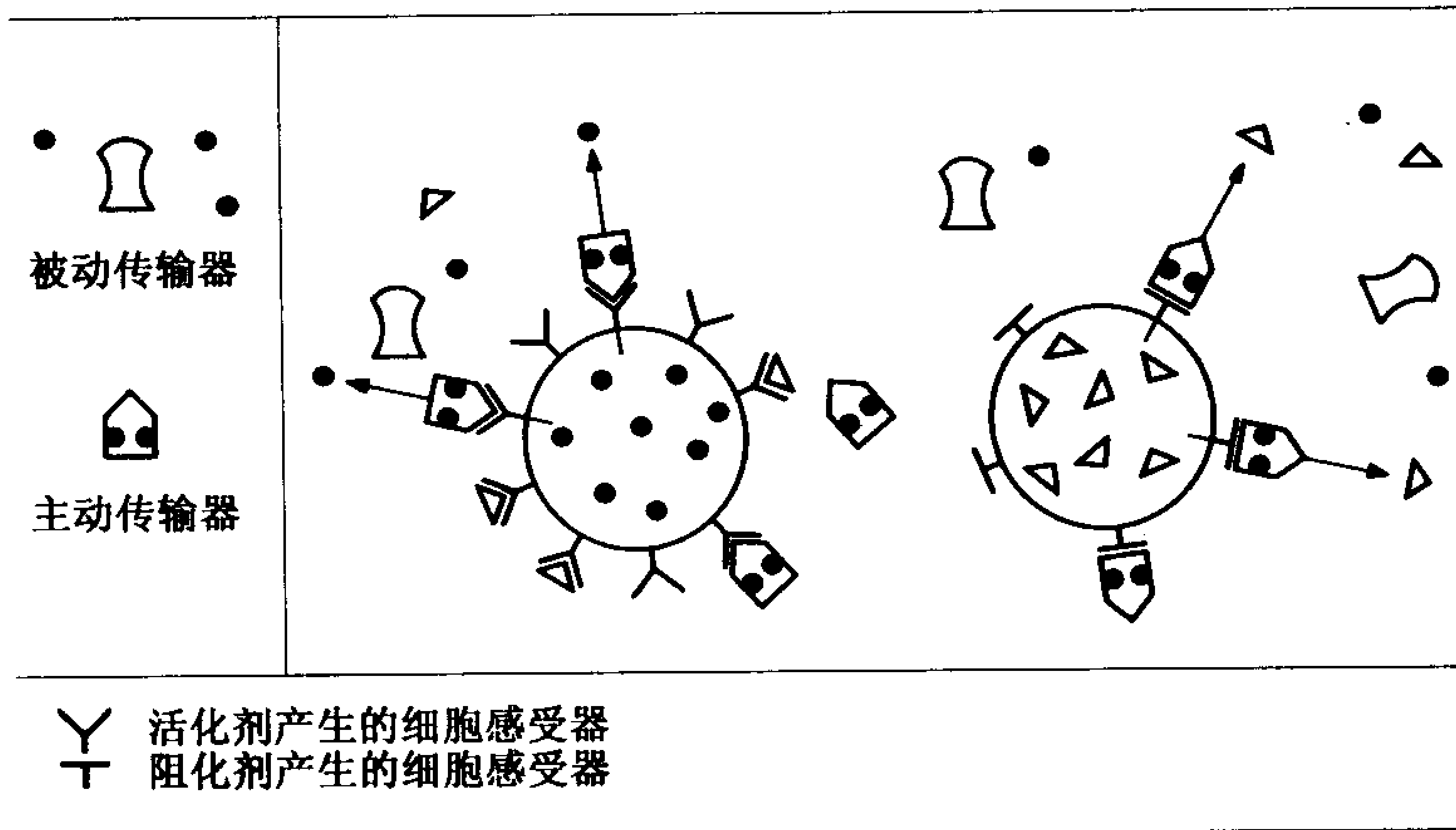


图14 淡水水螅确如其名，就像希腊神话中有九个头的水螅(丽娜水蛇)，每个被打断了的头都会长出两个新的来，其残余的水螅部分遗传着完整的新生命物.尽管由于保守力量的作用，细胞结构的物质粘结依然保持着，但是对于细胞差异和形态形成所必需的“极化性”是通过耗散力产生的.

图中的左半部分所示的是阿佛里德·格叶尔和汉斯·曼哈特所做的实验，用触须表示水螅头的端点，水螅可以被分成许多部分.不管是头还是尾，都能够直接从相邻的区域产生，这件事清楚地说明，水螅形成原因既不在于绝对的空间位置也不在于一种形态形成的聚集绝对值，而仅仅在于一个能确定“极化性”的细胞及细胞分支的梯度.

图的上半部分是格叶尔和曼哈特为解释其发现所建立的一个简略模型.假设一个凝聚梯度存在，它包括两种物质，即活化剂(●)和阻化剂(Δ).把这两种物质与具有感受器的细胞型混在一起. 阻化剂能够——如果足够多地凝聚在一起——通过连接活化剂细胞的感受器阻止它们的功能. 如果相反是活化剂充分多地存在，则它就借助于一个能够与两种感受器类型互相作用的蛋白产生更进一步的活化剂和阻化剂分子. 以这样的方式凝聚状况自我催化地和“打博式”地占着主导地位.一个这样的(非线性自动催化的)反应机制就构成了耗散结构形成的基础(见图21)，它确定了极化性并且由此决定了细胞的差异.

【101】

决定的,每个细胞都有一种潜能去实现每个功能.确定的信息是来源于所涉及细胞的相邻关系.然而"相邻关系"是在哪里得到这种信息的呢?显然它是由生物的某个细胞生成.这就是说,这个环境被一个由细胞控制的过程来结构化的.就像存在着某一种化学材料的凝聚模型一样,它刺激着特殊形态生成.因此,这种凝聚分布预示着未来形态一定的极化性,它自身已经是一种形态.

以怎样的方式在一个均匀的流体介质中——没有任何固定的物质携带物——一个稳定的立体模型能够产生呢?

为了对形态形成中这个基本问题有一个最好的理解,我们把话题转到《化学反应过程动力学》的领域中.用这样一个专业术语来表达,绝不是想来吓唬读者或者使读者感到沮丧.我们再次让游戏来说明这个不容易的联系,按照科学的准确性,这种联系仅用数学语言就可以表达出来.

6.3 反应游戏

我们在前几章中已经遇到过一些化学反应过程的例子.几乎所有至今所考察的玻璃球游戏无一例外地都可作为反应模型来解释.相反地,对每个可能的化学反应机制也能找到一个玻璃球游戏.

我们就从第53页所描述的埃仁拜斯特游戏开始吧.它象征着化学的平衡现象,它可以在群体作用规律中以其一般形式来表达.有趣的首先是这个模型中的一些整体关系,它们的中值以及它们统计的测不准原理.无疑在两个或更多的分支之间发生的一个反应也是一个与位置相联系的过程,它和不同反应物在空间的分布有关.在协作游戏方案中,这种位置相关性在模型构造中直接显示在游戏板上.人们怎样才能把这种同样也在协作游戏中只偶尔出现的模型来进行空间定位呢?反应的位置首先偶然地由反应对象的出现,也就是说不是绝对地在空间来确定的.

让我们再深一点地进入到细节里吧. 我们考虑两个反应对象“他”和“她”.首先它们必须相遇,否则它们就不会发生反应.它们不能飞起来朝向对方,“他”也不能红着脸跟随“她”的足迹.它们互相毫不注意,至少是在没有给对方使用作用力的情况下.但是,所有的化学反应力都有很窄的有效范畴.因此,两个对象四处乱走,一会儿碰在一起,一会儿又分开来.这个无规则运动“随时行走” 的能量是由它们与介质中处于热运动的粒子的碰撞得到.它们被这些粒子无选择无目的地推来推去,每个对象随着时间的推移都经过一定的区域,它的辐射范围——像阿尔伯特·爱因斯坦首次按照统计的计算方法所证明的那样——是按时间的开平方来增加的.总有一个时刻这两个反应对象的作用【102】范围会重叠起来.“总有一个时刻”是指:每个对象的身上被介质中的分子大概上百万次或十亿次地乱碰乱撞.为此所需的时间不会超过百万分之一到千分之一秒.因此,在时间不是很长的时候,就会出现一个重大时刻:反应发生了.同样在分子中也有“一见钟情”之说——这要看温度,“迟钝型的”首先要渡过活跃期,它们还要经过几次碰来撞去,直到最终成功地相互接近为止.

反应本身就是电子、质子或者是整个分子微粒的互换,有时只是能量转换,它用于克服内在障碍.对象总是由于相碰撞以改变了的面目出现,至少有一个对象改变它的名字.有的会确定下来,永远保持合成一体,而另一些则经过短暂的时间之后又分裂开来而开始一个新的生活, 它们厌倦新的状态而再次反应回到原来的状态.同样也会出现一个第二次地相遇,两个以上的粒子就会产生.

一旦这些对象脱离了它们力量作用的重叠区域, 则它们是互相等效的.人们可以说:“眼不见,心不想.”它们将再次无目的地到处做着热电碰撞——直到这个游戏重新开始. 在分子中不存在忠实的个体.

对于这种“有亲合力”的小小插曲的赞赏方面,歌德作了这样的评价[22]:“比喻式的演说是艺术的和有趣味的,有谁不愿意表演得活灵活现呢?”

团体游戏像“别跟自己过意不去”或者它的更高级的和更为复杂的前身十五子游戏,基本上就是反应游戏.“随机行走”的过程是由投骰子来真实完成的.由碰撞引起的反应当然在这里是没【103】有像在我们的分子故事中那样的可爱:人们互相把对方赶出去.

历史上所形成的十五子游戏的方法当然是以一个策略的概念为基础的.今天所使用的游戏方式基于规则,它是18世纪时在英格兰所建立起的基本方法,当时这个游戏正经历着伟大的文艺复兴时期,十五子游戏在时间上还可以追溯得更早;在图-恩悉-阿木思(约公元前1350年)的坟墓中人们可以发现棋盘游戏,它被认为是十五子游戏的前身.

图15所示的出土文物中的棋板划分使人们想起了今天在埃及还有的《El-tab el-siga》.* 毕竟人们不能把今天的这个游戏的普通形式与它的早期的前身之间的相似想像得太一样了.这里本质上的类似就是投骰子游戏和策略游戏的组合,这在当初——就像在El-tab el-siga游戏中——赌博的因素可能是偏重的.

我们将在下面——在提到集体游戏时——考察玻璃球游戏的一个变形,它更像自然的化学反应过程.不论是《别生气》还是在十五子游戏,人们只在一个方向上将棋子移动.尽管人们是按投掷骰子的点数来移动棋子的,但是这里并不是一个真正的“随机”行走,它必须是——限制在一维空间之中——以相同概率向前和向后的方向移动.这在所谓的泼辣游戏中就会出现,但是在这里——不同于真正的“随机行走”——还总是以游戏者的爱好来放置的.

现在来看一下这个游戏:

---

* “seegà”=棋板,“táb”=投掷用的小筷子.

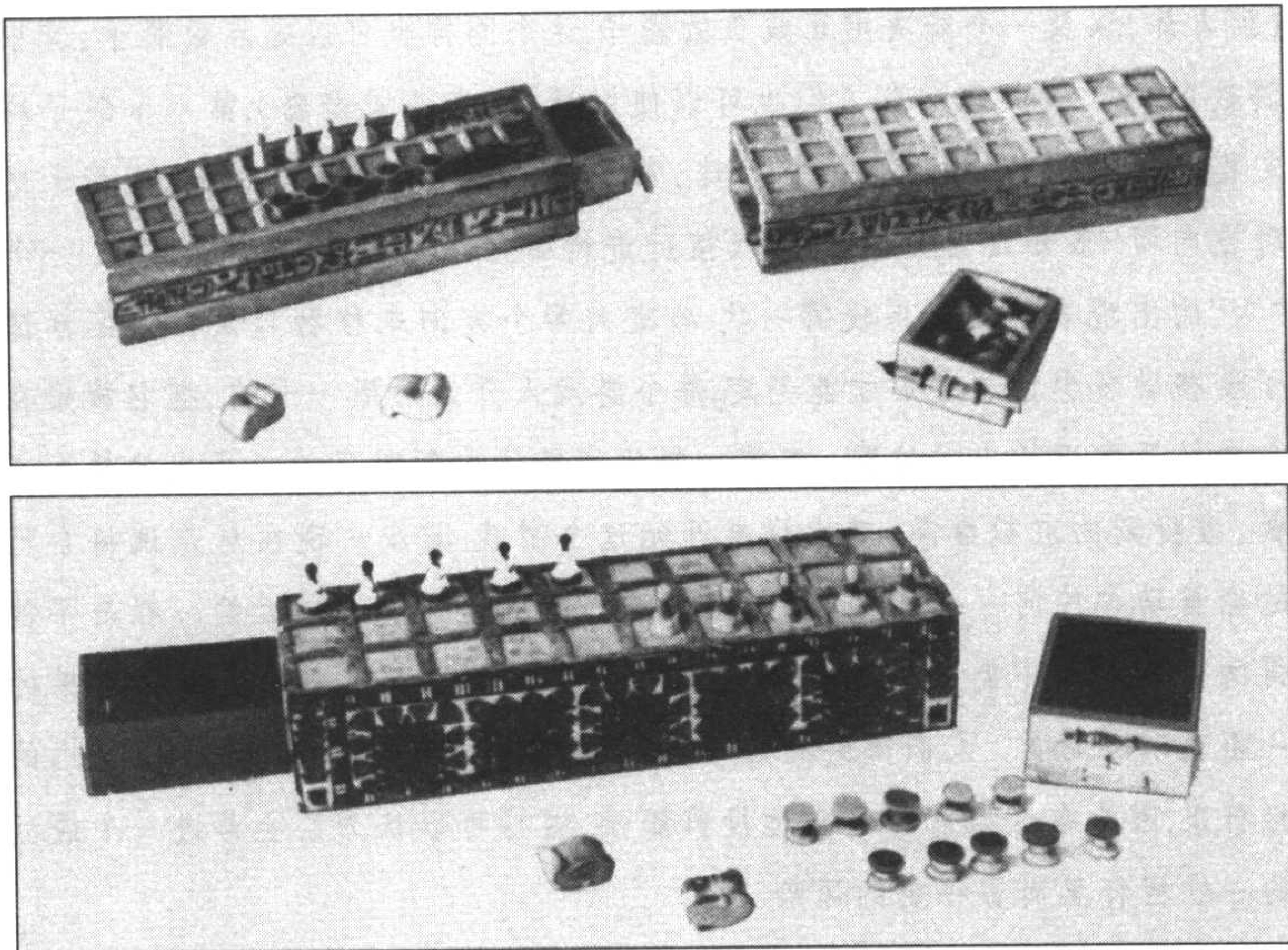


图15 三行棋是由象骨和石子组成的游戏，它是在图–恩悉–阿木思(约公元前1350年)大帝的墓中发现的.

“每个棋盘被分为30个相等的方格子,它们排成三行,每行由10个格子组成.每次游戏,就像国际象棋中的兵,有十个石子,它们已被染成黑色和白色，每个游戏者得到五十个相同颜色的石子,人们或投掷象骨或者投掷黑色筷子,它们是按其落下的方式给予赋值.显然这是古老的、与今天的《El-tab el-siga》有联系的、在东方国家通常所使用的幸运游戏.根据它的规则我们可以得到一些推断,它需要很少或者根本就不需要特别的技巧,但它却可以令人愉快地而又有节奏地消磨时间.”[23]

【104】

表格 7 玻璃球游戏“亲睦”

这是一个像“别生气”游戏一样,由4个人参加的游戏,并且有完全相同的棋板分划.每个游戏人有4个球,还需要两个骰子,一个是通常的点数骰子

(正方体)以及一个能决定正或负的骰子.这个同样也可以是点数骰子,其中偶数取"+",奇数取"-".人们也可以使用硬币(人头或老鹰).第一个骰子决定格子数,按此数目人们来移动球,第二个骰子决定移动的方向(+等于顺时方向而-表示逆时方向).游戏按行进行而且在相应的行来回移动.一个"六"的出现表示还要再投掷一次.决定向哪个方向来移动只是在人们知道了要移动多少格子之后才能判定.每个游戏人开始时用一个球,把它放置在与自己最靠近的出发位置.在第一轮的投骰子中暂时只关心投出的最高点数,谁投到的点数最高,就由谁来开始这个游戏.游戏人现在总是试将自己的球移动在任何一个相邻的4个栏杆里,而去选择靠得最近的一栏是不值得的——它并不能赢得一个点数——原因是人们将试图通过具有思虑的一招来破坏对方.人们得到的大多数点数都是当把自己的球放置在最远的栏杆里.因为在这以后会经常地投掷骰子,这样可以认为不会落进一个最近的一些栏杆里而冒一定的风险.

【105】

一点也不逼人,只是要进入某一个格子里.如果人们要做到这一点的话,那就必须投掷出一个精确的点数,它应是达到最外边开放的栏子位置所必须的点数.

在游戏中只取决于两个游戏人的合作,他们一起来对付其他的合作对手.每个游戏者的第二、第三和第四个球只能在合作者的帮助下进入游戏之中,也就是说,当两个合作者在一个格子相遇时(即当一个游戏者投掷后得到的格子正好是自己的合作者所占的格子时).首次的相遇就确定了这次合作关系,它在该次游戏中是不可解除的.其余的(成对)游戏人同样为了合作之缘故,现在必须试图去得到一个相遇.如果他们中间有一个人在此之后已走进一个栏子,那么他就必须单独进行游戏.在此情况下,点数只对该单个者计算,只要他的前一个球落入栏子,就可以把另一个球带入游戏.

在正常情况下,游戏的人自然地都会力求与他人相联合,因为合作能给他们带来优势.每次相遇都允许两个合作人各自将一个新球放入起始位置的格子,而且投中了的那个合作者还允许另外在他看来是最有利的方向移动6个格子.

如果人们投出的格子是对手所占的，则必须越过.如果一对合作者的所有球都已进入游戏，则他们可以自由决定，他们之中的谁在相遇时移动6个格子.以这种方式可以加速游戏很快到末局阶段.无论是一对合作者或者是单个者，若将所有的球都放置在栏子里，则游戏停止.现在来计算每个游戏者的球.

离得最远的栏子是8分

离得较远的中间两个栏子是2分

最近的栏子是0分

每个合作者把他们的分数加在一起，每个合作者所得的分数是其和的一半.

在采用一起合作的方式时，出于策略上的考虑，把球置于没有分数的格子是完全值得的，这样可以阻止对手去得到8分的格子.

【106】

这个游戏也同样像“别生气”游戏中以竞争结局，但是游戏者只是不直接地伤害对方. 由一个有点使人失望的倒霉游戏变成又一个幸运游戏，它只需要通过聪明的合作就可以获得胜利. 这种在反应引起的相遇中引入的传递过程模拟着一个真正的(一维)“随机行走”机制.如果人们想把离得最远的栏子占领，那么他就需要大约4倍于要达到处于半路位置的两个栏子中的一个(其中任何一个)所需投掷的次数.每个游戏人必须对其所能获胜的点数所冒的风险细心地思量，其中当然不应该考虑开始的幸运相遇，进一步应该思考的是平均值关系不一定是起决定作用的，因为统计的波动可以是很大的.

在自然界中，当然这种“随机行走”运动一般的不是限定在一维空间中，而是发生在两维空间——即在平面上——或者甚至在三维空间中.相遇概率在“随机行走”中如何随着维数的扩大而变化的，我们现在再来研究一个游戏.

表格 8　小球游戏“呆在二维之外”*

这个游戏可由2个或4个人来玩.在棋板上(见图16),我们着重强调下面几个格子.

中间的格子作为出发位置，位于四个角的4×4个格子作为终结位置(栏).

每个人拿一定颜色的球四个,作为备用球,对此还需要两个四面体骰子,上面刻有记号0,0,+,-.

游戏开始是投骰子决定谁来开局,谁先投到++或者--,他就可以开始游戏,就是说,他把自己的一个球置于出发位置,同时再投一次骰子.只有当+或者-时才允许每次移动一个格子(像图16所示的方式).游戏者自己决定如何去完成所投骰子的结果，比如说在++时，向一个方向移动两个格子,还是他向两个正方向各移动一个格子,这些都是由参加者来决定.如果在游戏中回到了原来的出发位置,或者其中一个人没能在开局投骰子时脱离出发位置(即,当人们扔出0,0时),那么就得收回该球作为备用球.只有当再次投到++或--时,他才有权利在出发位置放上一个新的球.每次扔到这种情况时，就必须放置一个新球到中间的空格子上——只要还有备用球——而且允许他再投骰子一次. 最后这一条对所有的球都已参加到游戏之中的情况也成立.其余的人可以自由决定,对于哪一个球来执行骰子所投的结果.如果到达一个边缘位置,则只能在边缘格子里移动.什么时候,如果遇到了一个由对手的球所占的格子,则像“别生气”一样,可以把这个球去

---

* 题目是和一个格言相联系的，这是格乌德·阿当姆和马克斯·德布吕克写在关于《生物扩散过程中维数的降低》文章的前言部分的：

德荣克哈特:“我会再次,再次回到家吗？”

波利亚:“你不会迷路的,只要你坚持不停地走,并且呆在二维之外.”

就像文中关于蚕的感受作用的例子所表明的那样,维数的降低(那里【107】是从三维降到二维),对于检验的功效有着至关重要的优越性.

掉.如果遇到的是自己的球,则允许不去执行所投骰子的结果,就是说,可以越过.一旦有一个游戏者将自己的4个球全部带入终结位置,则该次游戏结束.

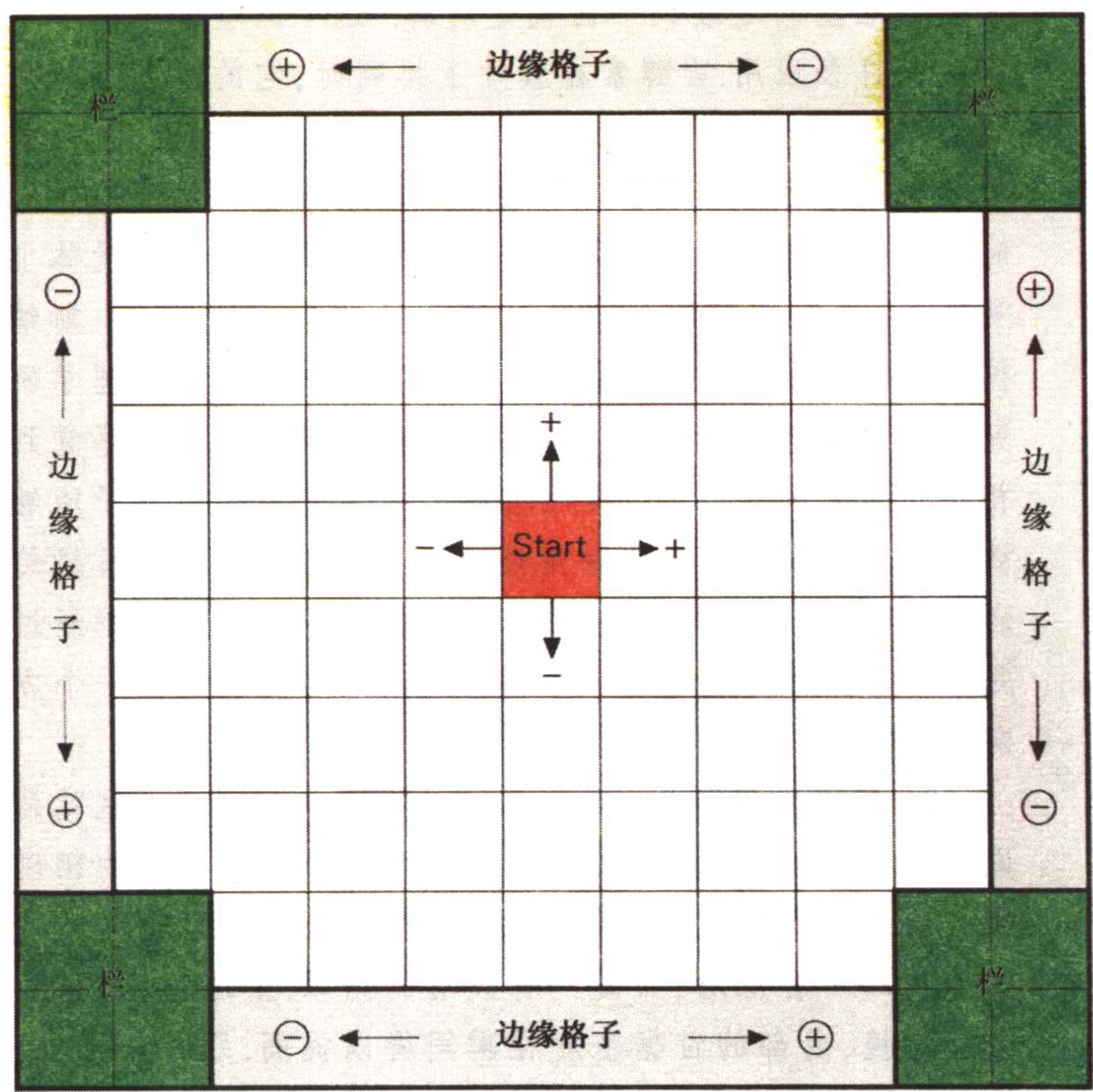


图16 “呆在二维之外”游戏的棋盘.

在这里所描述的两种小球游戏和已知的集体游戏之间典型的区别仅仅是由于规则上的原因,在我们的小球游戏中,这是与自然规律的现实相一致的.这里所产生的新型的游戏,与它本身的结果所反映出来的物理重要规律性相比是不足重要的. 【108】

从前面所讲的扩散游戏里,可得到下面条基本结论:

1. 大多数球的相遇——从而也就是两反应——是在

边缘格子里发生的，尽管它比整体棋盘面积的三分之一还要来得小.而维数的降低就会导致相遇可能性的提高,这对于从三维空间过渡到平面也是对的. 这个原理在自然中可以找到许多应用.当酵素在膜片上排列时,它的一系列效应就会增加,这种酶作用物对于膜片表面有一定的亲合力,在膜片表面它可以像通常一样自由运动而且在一维环境中同时可以导入酶的反应地域. 首先这种现象也能在感受体上观察到,这在单控制分子中就谈论过.就像迪特里西·斯纳德[25]和他的同事们在斯瑞森的马克斯·普朗克行为生理学研究所证明的那样,有些蚕和一种类型的蝴蝶,它们能感觉到相距几百米的雌性者. 雌性所放出的性气味的单分子能够被雄性通过张开的扁平触角接受而且通过表面扩散直接传送到感受器,在这里它唤起刺激.这种刺激然后进一步经过完整处理，并且编组出一个梯度——这就是说指出一个方向,在这个方向上就可以找到“发源处”.

【109】

2. 相遇的频率是与平面的占据密度成比例的. 这就是说，发生进一步的相碰撞是在紧接着一个已经发生的相碰撞之后的频率要比平均频率大. 这种效应并不是表明有什么神秘的一套规则,而是一种波动的结果.在这种波动中,由于相撞,局部的占据密度在瞬间得以提高.另一方面,也就自然地出现相应的占有不足，即相遇的比率位于平均值以下.由此可容易得出,相碰的频率以简单的方式与占据的密度相关.如果这种碰撞与一个反应相关联,则(平均)反应率直接地相应于(平均)占据密度.

6.4 耗散模型

每个化学反应的过程既和一个有特性的时间模型,也同时与一个空间模型相结合.对于一个已知形态的形成,一个特殊的同步和自调节是必须的.就像在选择情况下,这里也需要一个具

有自我组织能力的反应方式，它必须包括反馈或者自动催化.

一个形态形成反应的类型在20世纪初由阿佛里德·杰·路特卡和维图·伏特亚就已作过探讨.在这里有一个简单的生态学的问题，对此我们想在小球游戏的框架下来认识它.这是一个“转化游戏”，它描述的是生物化学以及生态学领域的一些现象.游戏的过程接近现实地模拟着不同物种随时间的变化以及在生态封闭的空间中它们的群体的数量.

这个游戏的出发点是下面的情况： 【110】

1. 草生长.	绿色球进入到游戏场.
2. 兔子吃草，兔子的数量增加.	绿色球可以转化为黄色的球，当然只是当它的相邻已是黄色球时.
3. 狐狸吃兔子，狐狸的数目增加.	黄色球可以转化为红色球，当然这也只是当它的相邻已是红色球的时候.
4. 狐狸被猎掉，它们的倒霉就是守猎所获之物.	红色球可从游戏场中消失，只要它被投中，这种红色球是作为相应的游戏人的战利品，并且以蓝色球的形式作为赢的点数收集起来.

表格9 小球游戏“斗争”

游戏的组成：一个棋板，分成8×8的格子；两个八面体骰子，其各面上的数与棋板上的坐标数相一致.绿、黄、红和蓝色球各30个.

从备用的这30个各色球中开始时先取出16个黄色的和4个红色的球，代表这两个种球的游戏者根据自己的愿望，通常是以有“策略”的眼光，将它布放在棋板上.“策略”是指把球置在棋板上那些能够充分利用相邻占据性质而可能产生最大转换效应的位置. 相邻关系对于进一步的游戏过程具

有至关重要的关系. 它在这里是由限定中心格子的四个相邻的正方格子来定义的.通过布放16个黄色和4个红色球在棋盘上之后,真正的游戏就开始了.两个对手交替扔骰子并按下表所示规则来交换小球:

【111】

扔到的格子 / 相邻的格子	空格子	绿色	黄色	红色
所有格子空着	→绿色	/	/	红色→蓝色
绿色	→绿色	/	绿色→黄色	红色→蓝色
黄色	→绿色	绿色→黄色	/	红色→蓝色
红色	→绿色	/	黄色→红色	红色→蓝色

注:每次必须至少有一个相邻格子按上表所示方式被占据着.如果不同颜色的球位于——正交的——相邻格子上,则他可以按任意一条规则来做.

一般说来是在这个图表意义下,完成了已进行的转变后,轮到对手来进行投骰子的.但由于已执行的转变会出现新的一些反应可能性,情况就不是这样的了.这些可能性,只要条件成熟,可能会是一个接着一个地出现,在此之后才能轮到对手.

像这样一些的一连串反应是会发生的,如果通过前一次的转变,颜色组合,绿—黄或者黄—红中的一个成为直接的相邻时,这种组合总是很快会变成下面的情况:

由绿—黄产生出黄—黄,

由黄—红产生出红—红.

这种转变规则对于进一步的反应总是有效的. 只要上述所说方式的相邻球的组合会出现,其中究竟是这两种球的哪一种在前次转变中确实出现是不重要的.这种(新的)相邻关系只是涉及每次刚转变了的球.

对每次从黄—红过渡到红—红时，允许游戏当事人另外再投掷两次，【112】但对于这两次投骰子，有效的只是投到红色球时.每次投到的红色球将从棋盘中拿出，换成蓝色的球并计作赢得的点数.

游戏终结是当黄色的球或者红色的球在棋盘中全部消失. 谁赢得的蓝球最多，就是胜利者.

上面所提到的四个反应步骤可以通过直观的方式由游戏规则来模拟.

绿色的球占据在空格子就表示着草的生长. 这个过程不是作为一个自催化过程来假定的，因为人们可以这样来认为，在地面上到处都有足够多的草籽.

与之相反，下面的这两种反应直接与所涉及物种的一个有限群体有关，即一个自催化的自然界.假设没有兔子和狐狸在那里，那么也就没有新的诞生出现.另外这两种动物的繁增还与可供给的食物有关系：兔子只吃草，狐狸只吃兔子(不吃草)，打死狐狸这又不是一个自催化过程，因为猎人的数量，由于管辖区域的原因，是与有多少狐狸有关系的.区域里狐狸越多，被打死的也就越多，这样猎人的数量也就必须增加.

像这样的一个生态链以直接的方式典型地刻划着路特长和伏特亚所提出的并作了数学上分析的普遍机制，它用一个抽象的写法来表示就成为：

$\rightarrow A$	绿色球(A)进入到空格子
$A+X\rightarrow 2X$	绿色球(A)借助黄色球(X)变成了黄色球
$X+Y\rightarrow 2Y$	黄色球(X)借助红色球变成了红色球
$Y\rightarrow B\rightarrow$	红色球(Y)按其频率转变成蓝色球B，然后退出游戏场

游戏的开始，是初始的物质A在与反应的对象X相遇一起变【113】成了X.当起着自催化作用的对象X(兔子)处于物质A(绿草)的一个局部环境之中时，那么这种存储的物质A就会减少，而X的比例由于自催化式的繁增首先是上升并在一段时间之后——即

在存储的物质A将要用完了时——才开始下降.同时X的局部占据密度又开始增长,超过其平均值,而只有当储用的A吃完了时,它又开始下降.如果在这里还有第二个自催化作用的反应Y(狐狸),它能将X变成Y,那么由于Y的存在,已有物体X又会很快被用光,在这里Y的转化比率也会经历一个最大值.不久,X又会下降到它的平均拥有密度以下,而A又能够无干扰地长高.这样,整个过程又像从前一样循环,这就像从一种物质转化为另一种物质的一个永恒运动一样. 图17所表示的是由计算机来模拟的游戏,它很清楚地表述了这种效应.进一步很有启发意义的是周期反应的例子,可在第12章(见超循环)见到.一个在时间上是周期性的过程可以在适当的条件下很容易生成一个周期性的空间模型.

在一个先是均匀分布的质介A中,有一个干扰——疫苗——云状地扩散.大概就像我们在平静的水面上扔一块石头所观察到的现象.从这样一幅景象中,我们也知道,空间上稳定的模型也会出现.人们把它们称做是"耗散结构",因为要维持它们的反应过程,不断地要消耗能量,如果我们在这里要问时间和空间规律的原因是什么,那么答案就是:它仅仅是由于从系统上继承下来的反应特性以及边界条件的方式并且通过稳定的能量流入和消耗(这就是说通过注入和耗散具有充分能量的物质)得以维持. 【114】

在这里, 出现在我们面前的是自然界的第二个基本秩序原理.对于有生命力的自然界中的形态形成,耗散结构也像仅由统计力量作用建立的保守序一样具有重要的意义. 要建立耗散模型的反应系统需要满足哪一些基本的前提呢? 这可用数学确切地表述出来. 在自然界中真正出现的结构的复杂度是没有界限的.如果我们想一想保守的蛋白结构复杂的空间构造,那么在由多步骤反应循环的单个分支的聚集分布构成的振荡模型和波模型中可以找到它的对应之物.

当前有许多物理学家、化学家和生物学家的工作是在解释生长形态形成的现象. 英国数学家阿伦·英·图灵是第一个在50

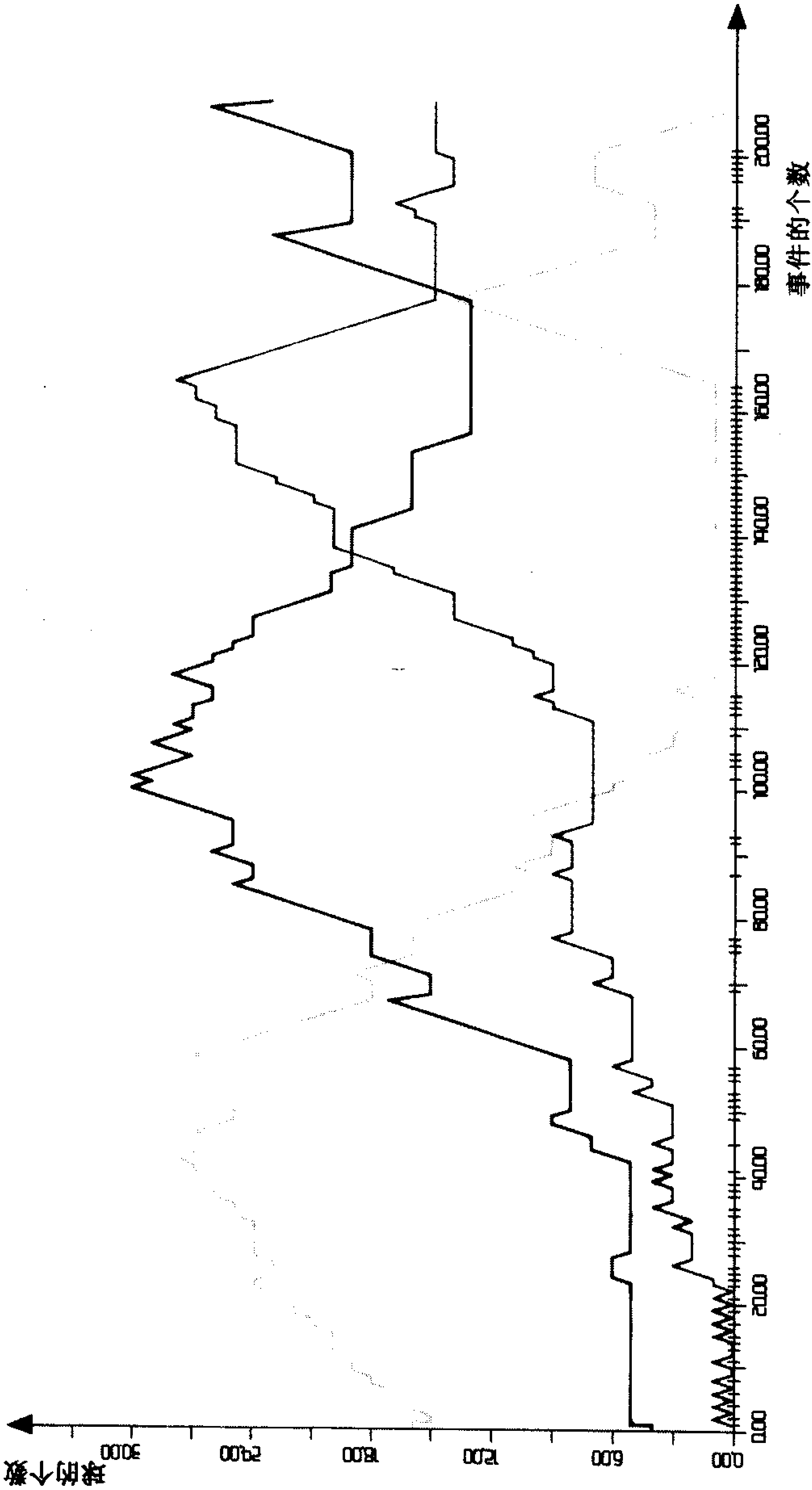


图17　“斗争”一个由计算机来完成的游戏.不同群体在时间上的变化明显地反映在相移的振荡中.每个分支(草=绿,兔子=黄,狐狸=红),是由曲线走势的颜色来表示的.

年代解释形态形成学的自催化反应机体的. 基础理论的研究是由比利时的物理化学家伊里亚·普利勾什尼[26]进行的, 法国人雷耐·汤姆[27]深层次数学上的分析,揭示了形态问题的根本,它引起了一个数学学科,微分拓扑的复兴并且以《灾难理论》这个概念而著名一世.图18至21中给出了几个来自无机化学,生物化学以及细胞生物学和神经生物学领域的耗散结构的例子, 我们来总结一下关于形态形成我们所得出的结论:

有两个形态形成学的基本原理:一个保守的和一个耗散的.

根据第一个原理, 结构和形态是由吸引和排斥的保守力的叠加而产生的, 其中处于永恒相互作用的整体系统中的各个部分占有稳定的空间位置, 以及围绕一个重心在一个稳定轨道上【116】(比如星球的轨道)运动.这种序结构不需耗散能量就能维持.

这里的区别是耗散结构是一个动力的有序状态, 它们只通过一个新陈代谢,即一个不断的能量消耗,就能保持下去.在空间模型的形式方面——类似地像固定的波——它们是由物质转变的叠加和同步的周期性的互相转化产生的, 而且不是那些由部分结构以相加的方式能够堆聚一起的东西. 在形态形成学中它们的作用是空间的组织和保守的结构元素的确定, 这些元素的形成是由细胞的遗传程序来决定的. 在神经细胞的神经网络中作为兴奋模型, 它们超量叠加着不同的部分信息并且以此来描述着物质"形状"的关联.形成耗散结构所必须的变换关系是基于保守的力作用, 就像耗散模型不变的空间固定形式需要稳定化的保守力量一样.

保守的和耗散的形态形成概念之共同点就是统计的以及动【117】力的互相作用的合作.这一点在游戏的抽象表达中就特别清楚:在耗散模型中的自催化反应物就相应于保守模型中合作的力作用.在保守—合作的情况下,投掷到的空格子总是会被一个球占据,如果在其直接的相邻中已有一个相同颜色的球.相反,在自催化的反应中位于所投出格子相邻的空格子将用相同颜色的

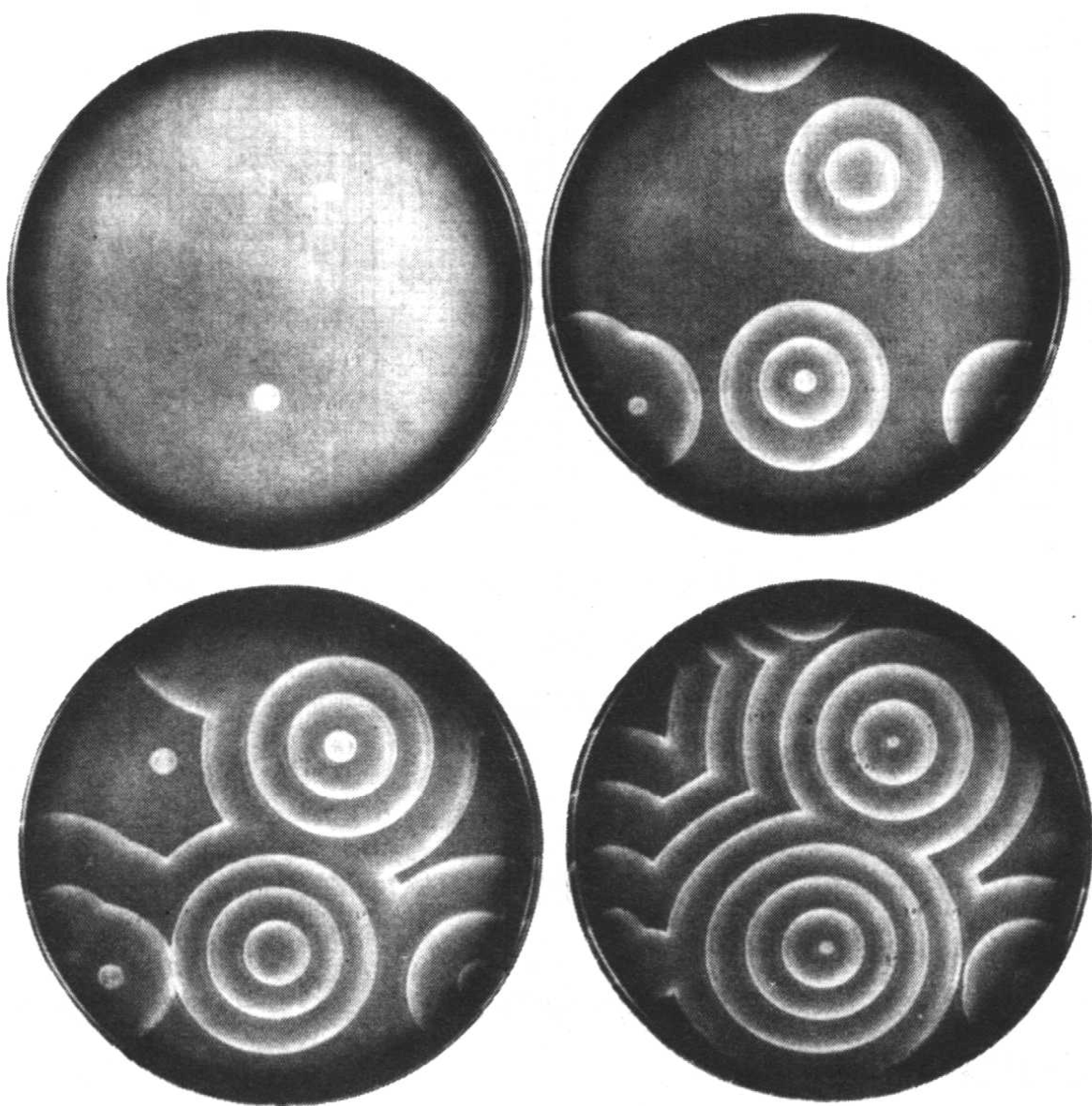


图18 耗散模型，由无机化学反应引起的(扎布挺斯基—反应)，其过程包括自催化的步骤，否则就没有振荡出现.这个在此重新给出的图形是由本诺·海斯在马克斯—普朗克营养生物学研究所(多特蒙德)所做的实验，它清楚地表明了反应的云状扩散，即从两个中心开始，通过干扰形成一个复杂的模型.这仅仅通过化学反应的过程在不断消耗能量的情况下就能维持.一旦有充分能量的物质被消耗尽了，它就消失了而反应也就处于静止状态.

【118】

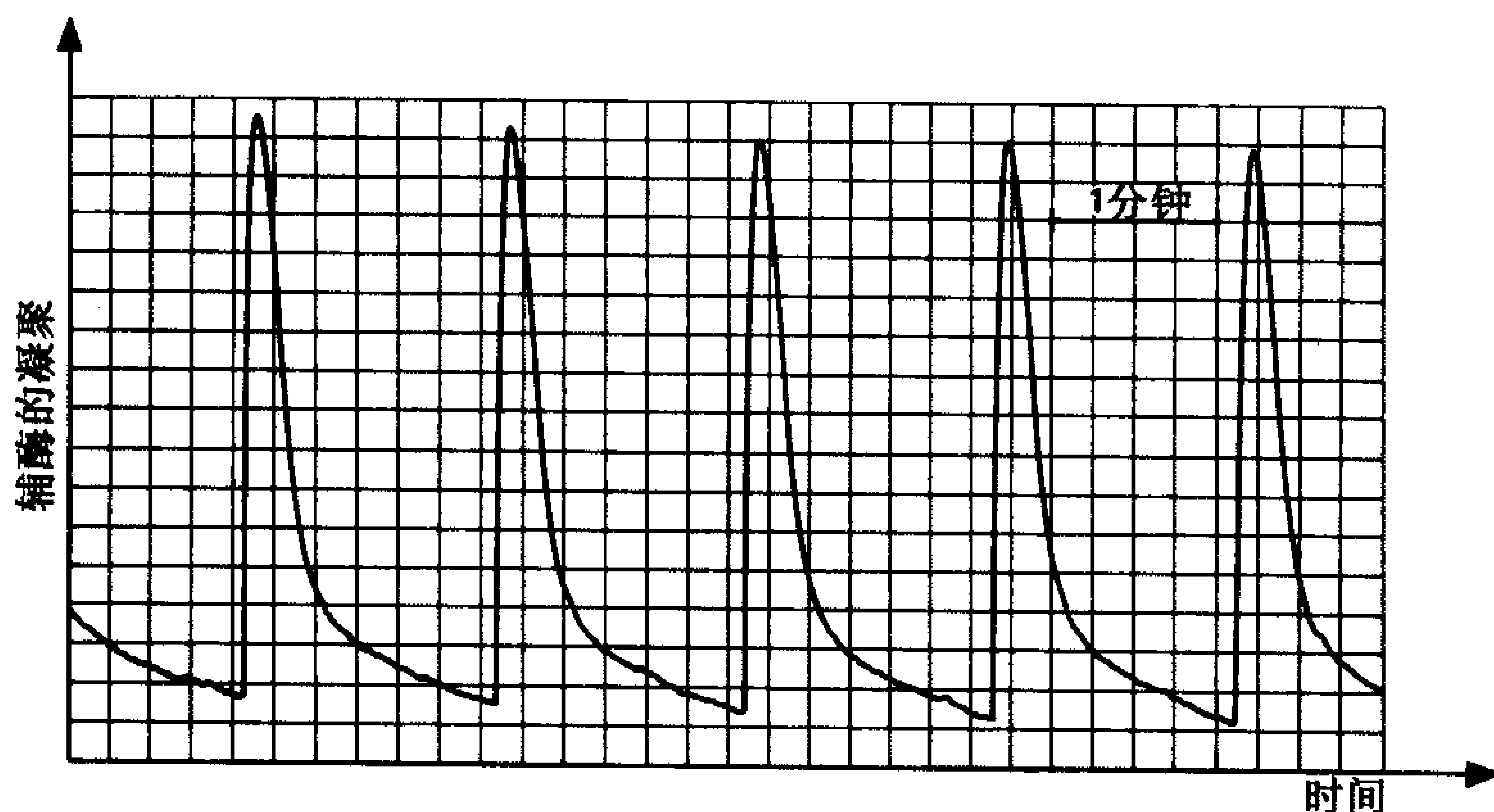


图19 一个生物化学反应周期性的时间模型,这是本诺·海斯做的图表. 这是关于在糖酵解作用下糖分解中酶的反应步骤的.统计的是(染色的)辅酶.反应的进行是通过加入定量的葡萄糖来维持的.

球来填补.于是两次就可实现两个相邻格子有相同的颜色,其中一个球是共同的.

这两种形态形成机制的区别最好是作一个机制上的详细情况的比较,就清晰可见了:

1. 在耗散模型中会产生一个固定的模式, 而不需要物质粒子可再生地定位于空间之中.

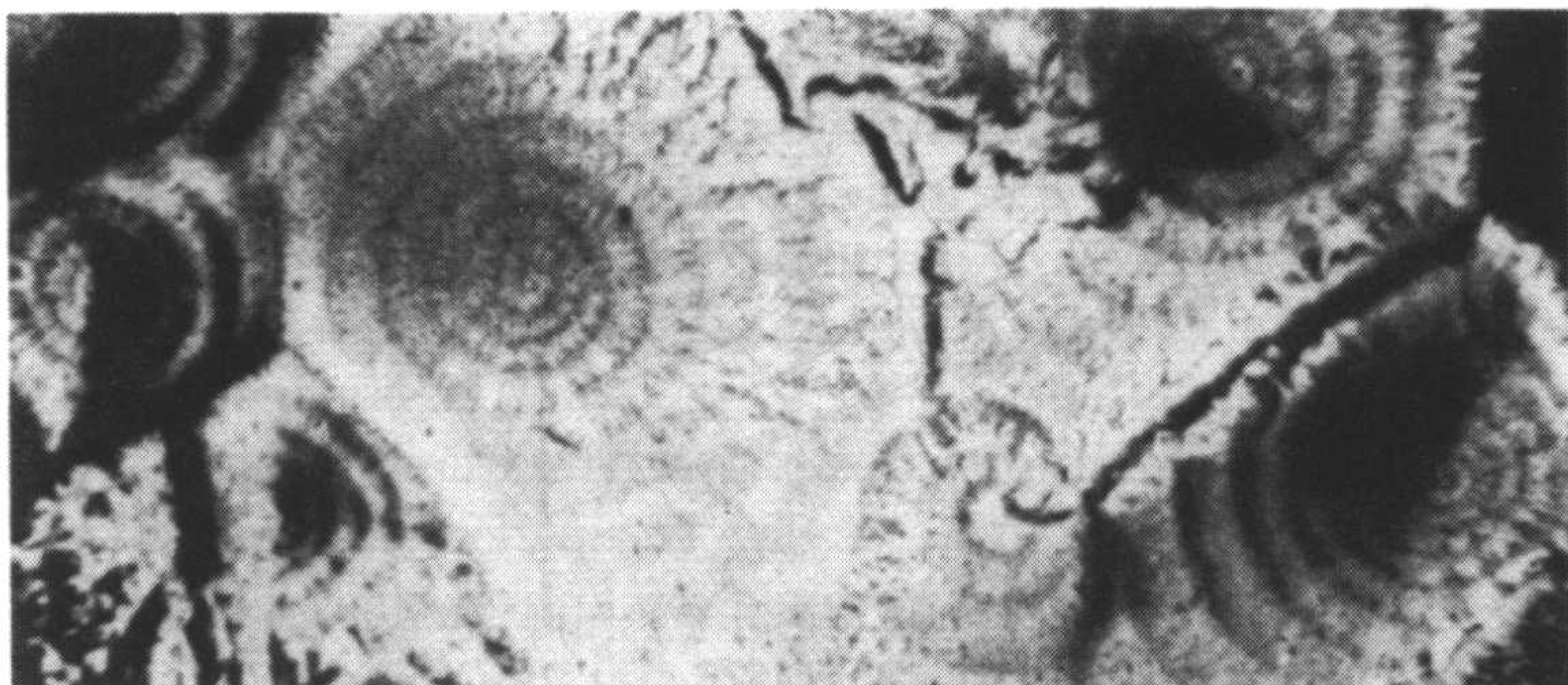
2. 耗散形式与保守模型不同的是, 它不是仅由在物质携带者之间起作用的互相作用来决定的, 而是更重要地受到系统的边界条件和范围的影响.

3. 耗散结构的维护需要——故名思义——不断地消耗能量,这是与熵(见162页)的一个稳定生成有同等的意义. 这个系统具有新陈代谢, 就是说与原料有关的自由能量会进一步的转化.

4. 保守结构在更高的度上带有《绝对》(就是说与辅助

条件无关)的稳定性、可逆性和叠加性.耗散模型由于它与辅助条件相关可以不受限制地组合以及互相叠加.

正好就是这最后一点——也许是不知道的原因——没有被歌德有洞察力的观察注意到，尽管他关于不同形态类型的分类是根据现象学的观点而不是主观的.因此有机物的形式“当被破坏后，不能再由破碎的部分再组成”，但是矿物质的“肢体，首先好似被破坏了，但不久再次会以其完整的形式出现在我们面前”. 【119】



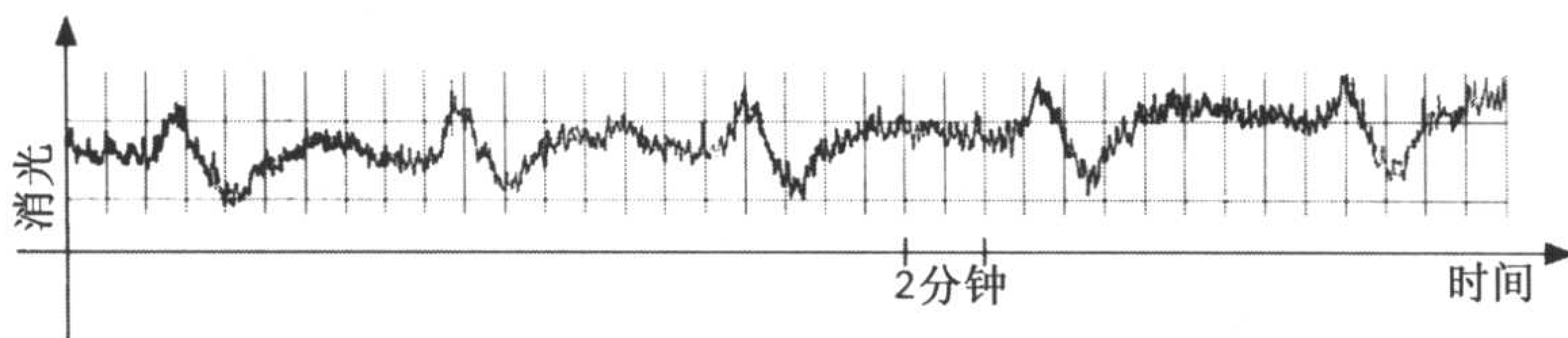


图20 “变形虫之神”似乎证实着一种现象，那就是它能产生单细胞的真菌，像是由一种看不见的力的作用促使它成为一个多细胞的原质团并以其整体形式出现，其行为如同一个有机生物.巩特·格尔什[29]在蒂宾根的马克斯—普朗克联合会下设的佛里得里希—米希尔—实验室里研究了这种情况，并发现，依据自催化的反应机制，其中根本的原因是在于耗散的结构形成.图示表明了一个细胞群体(上图)的耗散能量模型以及(由本诺·海斯记录的)反映聚集情况的化学信号的周期性时间状况(下图). 【120】

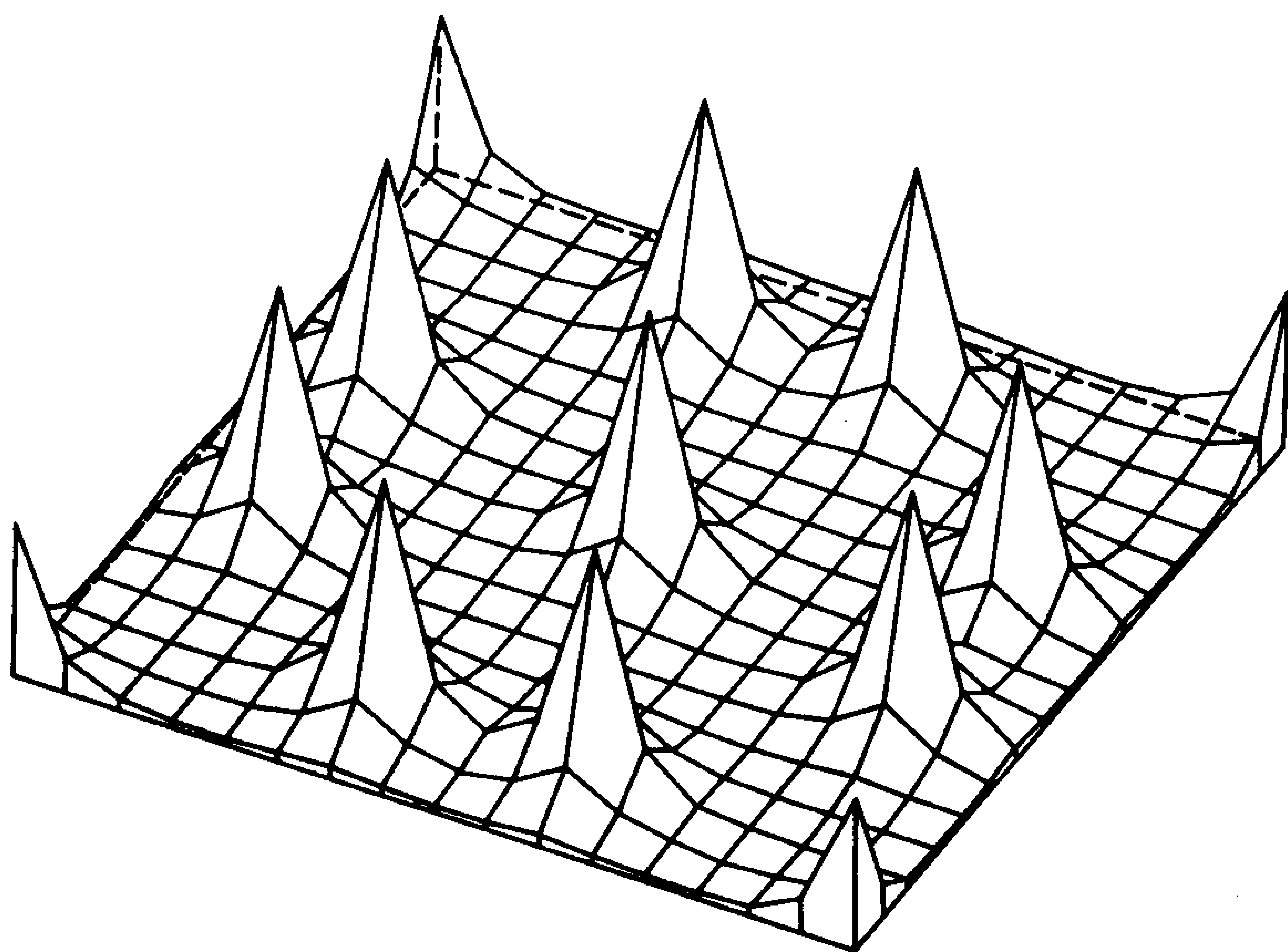


图21 一个耗散空间模型的计算机图画,这是由阿佛里德·盖叶尔和汉斯·曼哈特根据图14所示的模型计算出来的.首先是由均匀的凝聚分布组成了活性化区域.完全类似地模型,杰克·科万和慧·阿·维尔森[30a]以及克里斯多夫·冯·玛斯堡[30b]在神经细胞网络的活性化中也得以发现（见第332页).耗散形态是不同的——包括反馈——单个过程叠加的“庞大堆积”结果.

【121】

同样歌德把这种内在的结构形成趋势也说成是“在成为一体的同时它们的局部都是等效的”并且这种等效性是在生物整体组织的完善之后.

根据目前的科学知识，有生世界中的形态形成问题只能从保守和耗散原理的共同作用来理解.耗散过程控制着并且同步地唤起保守结构中储存的诸信息，同时保证它们的功能能起作用.空间和时间模型在抽象信息程序平面上的变频性能既表现在生物的自我组织中也表现在我们思维的合成之中.是的,那些

人们以形态这个概念来理解的东西都有它自己在感觉上的根源.首先是沃尔夫·科勒,他是第一个试图在自己的实验心理学研究中去论证我们的感觉结构和思维结构的"形态性",[31]其中他正确地认识了一个原理,他的模型式表示——大概是在保守力的互相作用下借助耗散结构而成为一体化——在我们这个时代才画了出来. 【122】

第7章 对 称

海尔曼·外尔(H.Weyl)在他的著作《对称》中写道:"就我所见,物理中所有的——预先——结论都源于对称."这个柏拉图式的概念在关系的对称中有其最终的原因. 对称的断裂表明了我们对基本互相联系的理解是有缺陷的.在现实的结构中,对称显然是次要的.在有生命的自然中——同样也在游戏中——它也只是在通过选择优势而被确认时才出现.

7.1 柏拉图式的概念

一篇关于形式和形态的论文,若没有对对称的研究,那就像是在意大利这个艺术之国的一次旅行而没有到过佛罗伦萨(Florenz). 几乎没有一个现象能像对称现象这样引起知识界的兴趣. 维纳·海森堡曾说:"现象最终的根源就在于数学规律."它定义了基本对称作用,像在空间或者时间里的移动,并且由此确

---

* 在统计物理中,对称这个概念与前述相比常常易于误解.如果在一个统计分布中,没有在空间中的互相关系,则人们就称它为完全对称的.这样一来,例如晶体,显示着一定的距离和方向,只有在均匀分布中通过"对称破裂"才能产生.当然这种无规则分布的完美对称只有借助空间和时间的手段来实现.每个个体的分布在一个给定的时刻将是"非对称的",而晶体中重复对称的粒子位置在个体分布中却依然保持着.

【124】

定了一个框架,在这里边所有发生的都会真正发生"[32].但是我们感受到的世界中的形式和形态决不是以对称为主体的.是的,晶体自身,这是对称的化身,也是要依赖于偶然性的,让我们仅仅来看一下雪花那魔术般的多重展现形式(见图22):

"珍宝、星形勋章、钻石饰物、好像是最富有的宝石商制造出来的,既不臃肿,也不瘦小……,并且在这无数奇妙的小块上有着微小到肉眼看不见的、神秘的微小图案,一个与另一个却一点也不相同."[33]

"总是以同一个模型来变化和精细制造的外形,其中有着无穷的发现乐趣," 托玛斯·曼的这种深刻赞赏在海尔曼·外尔那里得到了响应,一个在普林斯顿的大人物.他在自己的著作《对称》[34]中介绍了对称这个概念的最深层含义,这是以群论为基础的论证,它在物理、化学和生物学的影响以及在艺术方面的作用都是深远的.

最简单的对称形式就是绕一轴线的反射.这就是所谓的"左右"对称或者两边对称,这在高级生物中特别常见.它在艺术中,从查塔尔·胡鱼克(Çatal Hüyücks)的新文学时期,经过巴比伦、埃及、霍拉斯和罗马到现代,大概是莫瑞斯·考尼勒西斯·艾什尔(见图24)的周期绘画,都能找到变化丰富的回应.

生成对称形式的第二种基本办法就在于重复, 即通过空间运动简单地重复一个基本模型. 这种过程可以是一个已知的平移,也可以是绕一个角度的旋转,这个角度就是360°的任何一个整分数. 所有的对称都可以归纳为这些基本作用导出的关于对称的一个可以想像的组合. 在游戏板上人们能够容易地研究重复的平面模型的形成规律:一个例子显示在图25中.

"对称"这个词的原始意思是"匀称的","合比例的","协调的",特别是最后一个解释,所涉及的并不仅仅只是一些形象,它们有几何空间的限制. 今天我们把对称概念与一个抽象的数学意义相联系.当然这也起源于希腊人对自然的观察.

早期移居意大利南部的希腊人, 可能是由于观察黄铁矿



【125】 **图22** 本特利和翰木费斯关于自然雪花晶体汇编的2 453幅照片中一个小小的节选.(杜维出版社,纽约,1931)

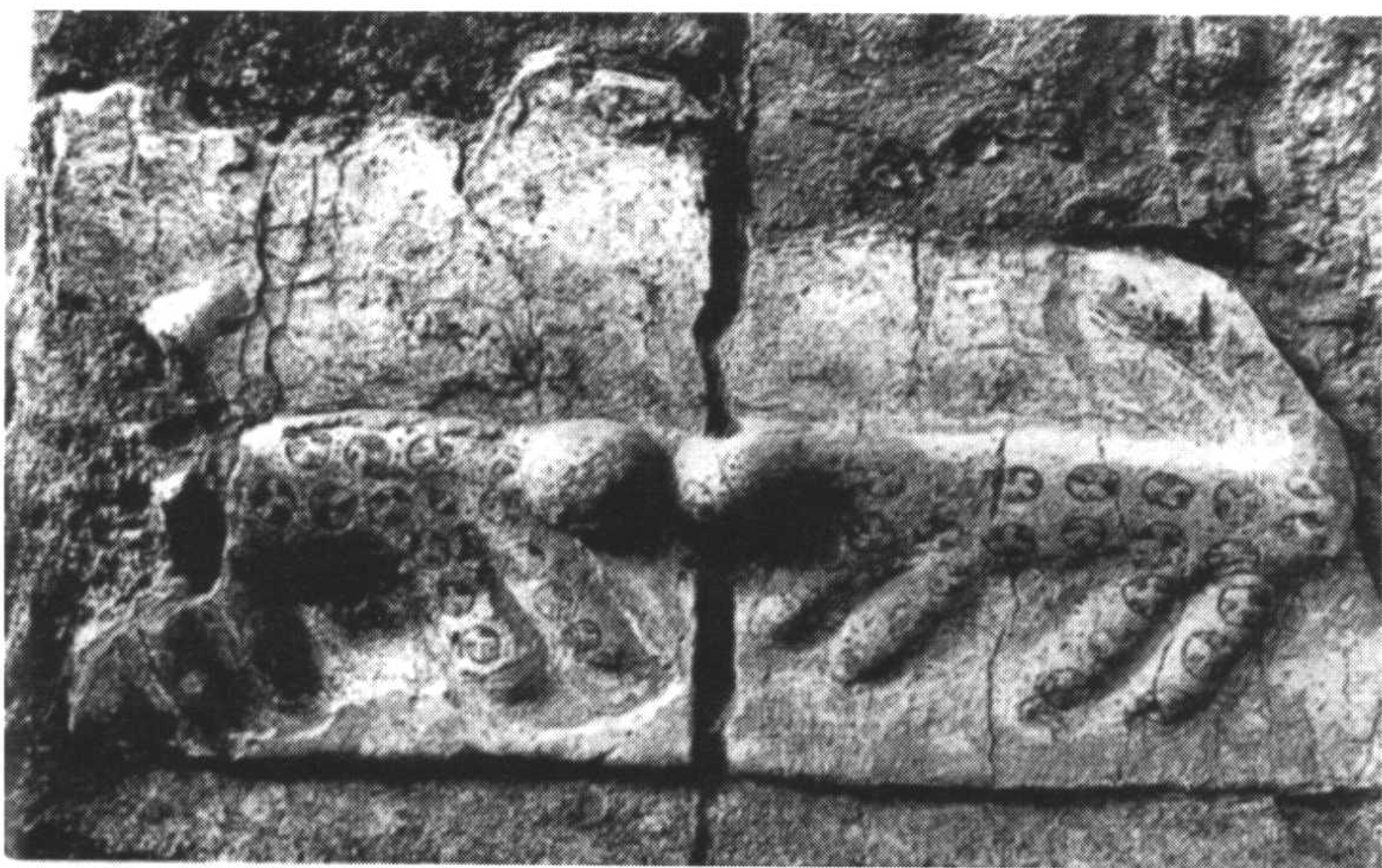


图23 两边对称. 这是大约公元前5800年在查塔尔·胡鱼克一个神庙的北墙上,一对豹子的石膏浮雕(瞻姆斯·梅拉特的著作《查塔尔·胡鱼克》).选自丛书《考古新发现》,古斯塔夫·吕波出版社,比利时的格拉特巴赫,1967). 【126】

晶体的原因,对正十二面体的规则形状独有情钟——虽然黄铁矿的晶体表面自身根本就不是由正五边形组成的,因为这种对称是与晶体学的规律不相容的.这种规则体的发现,海尔曼·外尔把它称为数学史上的一个最富有奇异的抽象. 它是否就是真正的奇异,暂且不考虑.正十二面体,伊斯它坎人众所皆知,而且对他们来说有宗教符号的意思.

正多面体的学说,我们会首先想到柏拉图学派.确切的构作要归于特埃特图,柏拉图的学生和朋友.柏拉图自己看出了正多面体中物体的几何理论的基本元素,这点我们可在他的对话《Timaios》[35]中找到其概要:

正四面体、正方体、正八面体、正二十面体(见图26)依次代表着火、土、气和水这四种元素,而在正十二面体中世界是作为

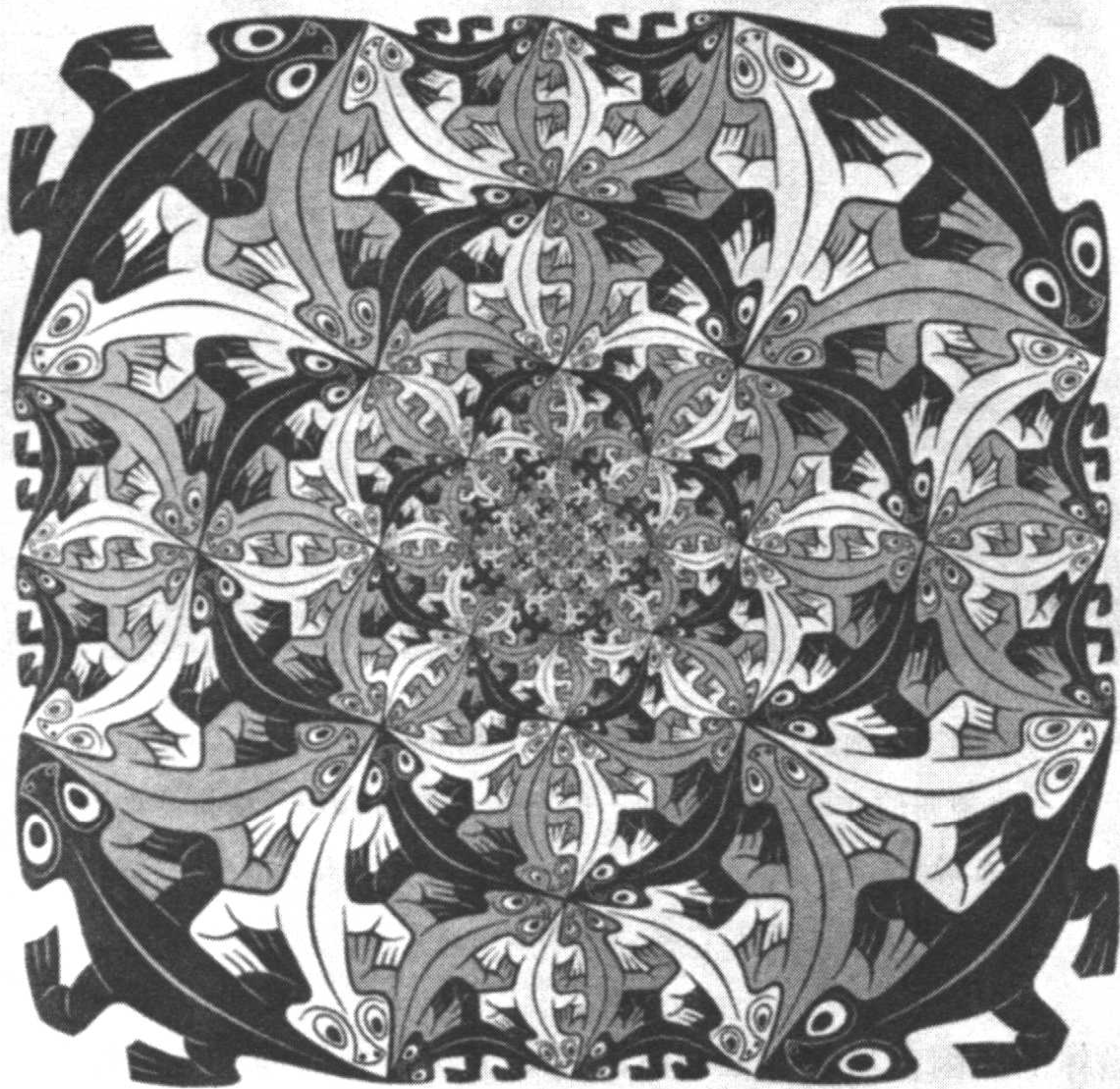


图24 “越来越小”(1956年). 莫瑞斯·考尼勒西斯·艾什尔(1892—1972)(《莫·考·艾什尔的世界》,享兹·莫欧斯出版社,慕尼黑).——得到哈根·哥莱特博物馆, 登·哈根,《艾什尔基金会》友好地准许使用.

【127】

一个整体来表示的——这最后一个, 估计是因为柏拉图没想出一个合适的简单对应关系.(至少他的解释说“上帝使用这正十二面体的五边形平面,用它来画图像的,”在几何理论的意义下听起来难以令人信服.)这四种元素的进一步分解就破坏了它们的形体.柏拉图认为,由此就产生了多面体的抽象二维形式.在正

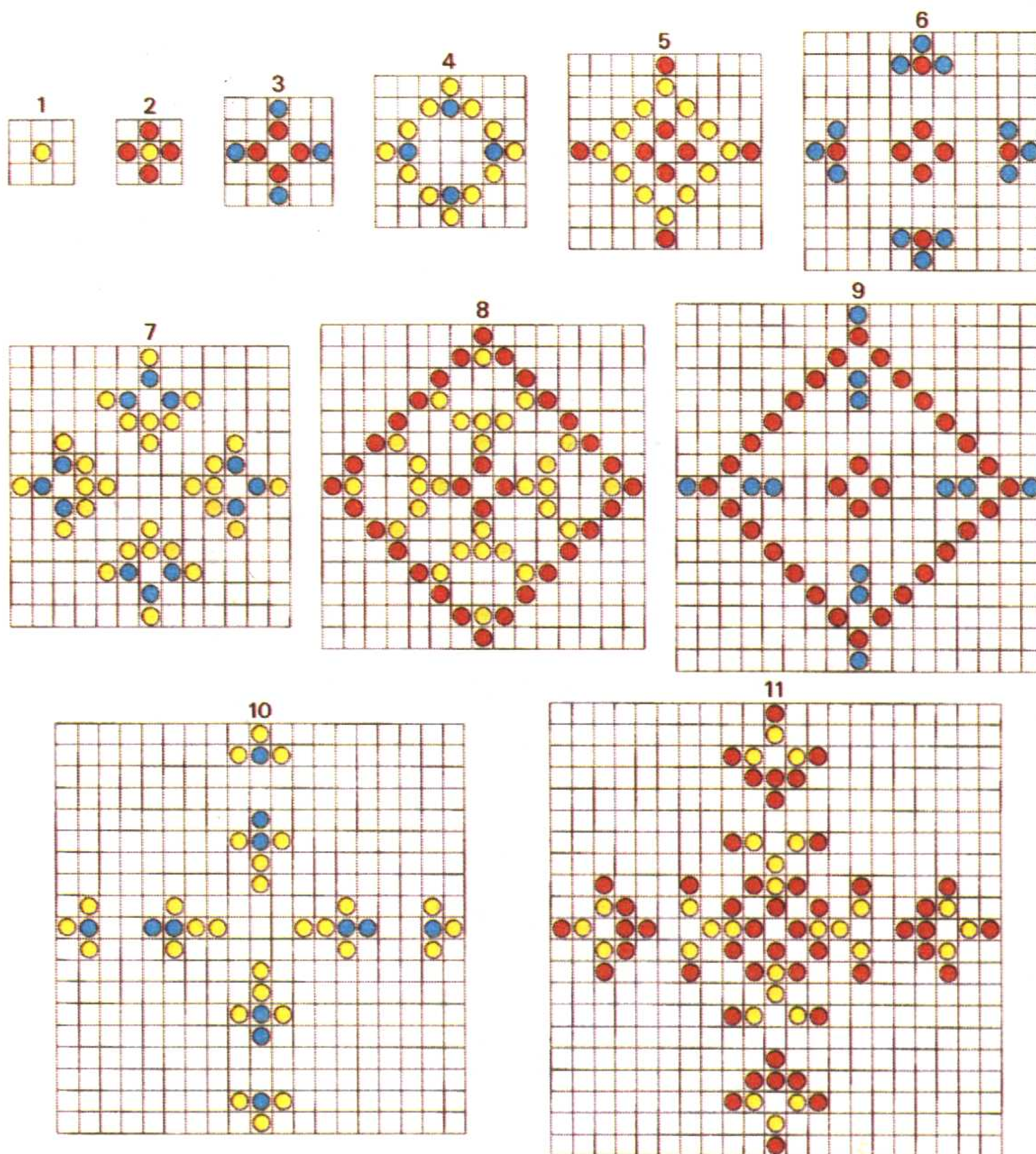
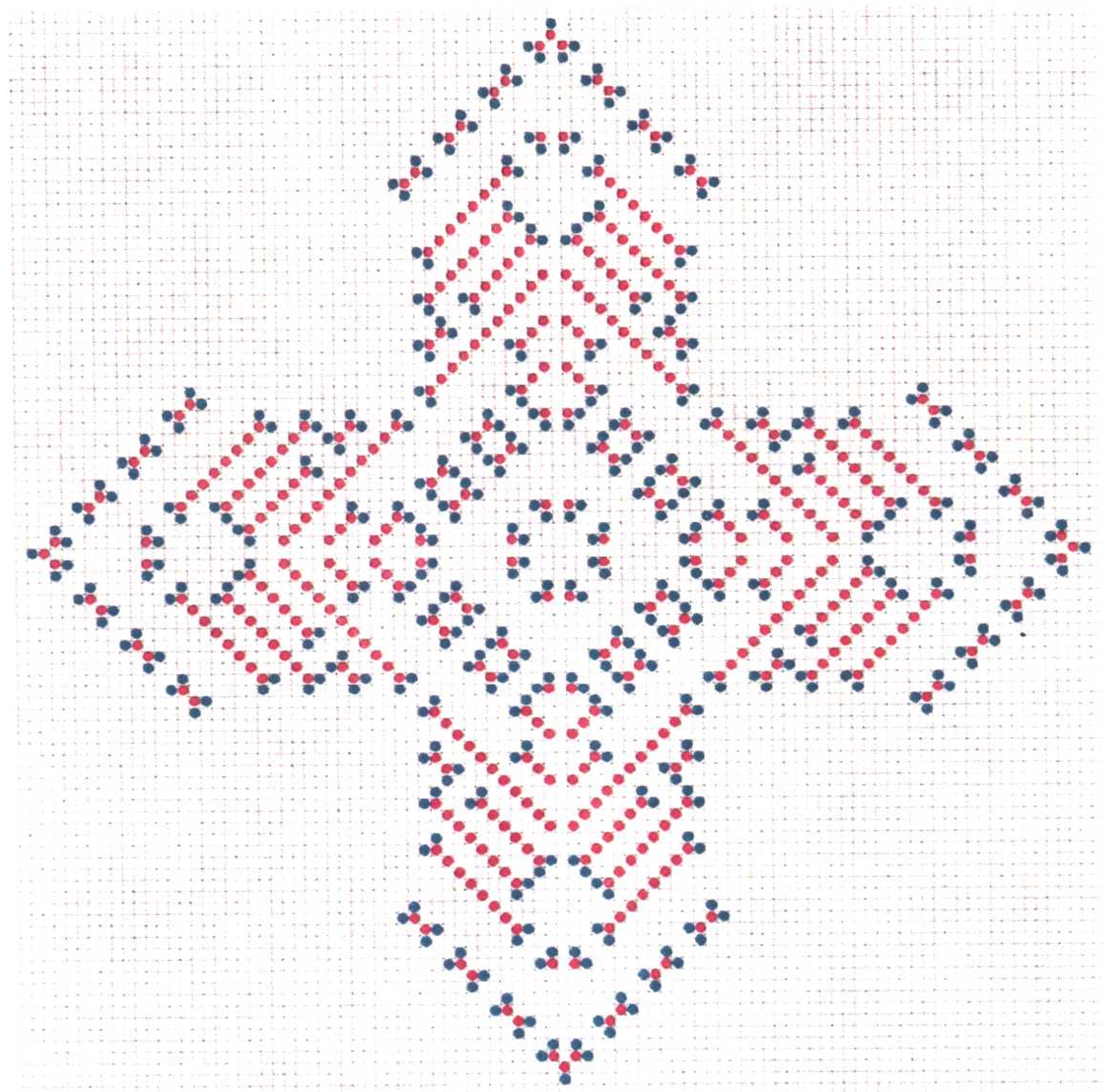


图25 对称模型出现在这个由斯坦尼洛夫·乌拉姆所画出的再生成游戏中，在每一代人中，每次只有一个格子被小球占据，在它的正交相邻中有一个而且只能有一个球.(这是正交邻接的4个格子).只要第n+2代出现，则所有第n代所占据的格子就死 【128】



掉.因此,生存着的仅仅是最后的两代.这个图表示的是一种模型的生成和它的发展,这里是从一个球开始的,最后模型表示的是第45代孙.

【129】

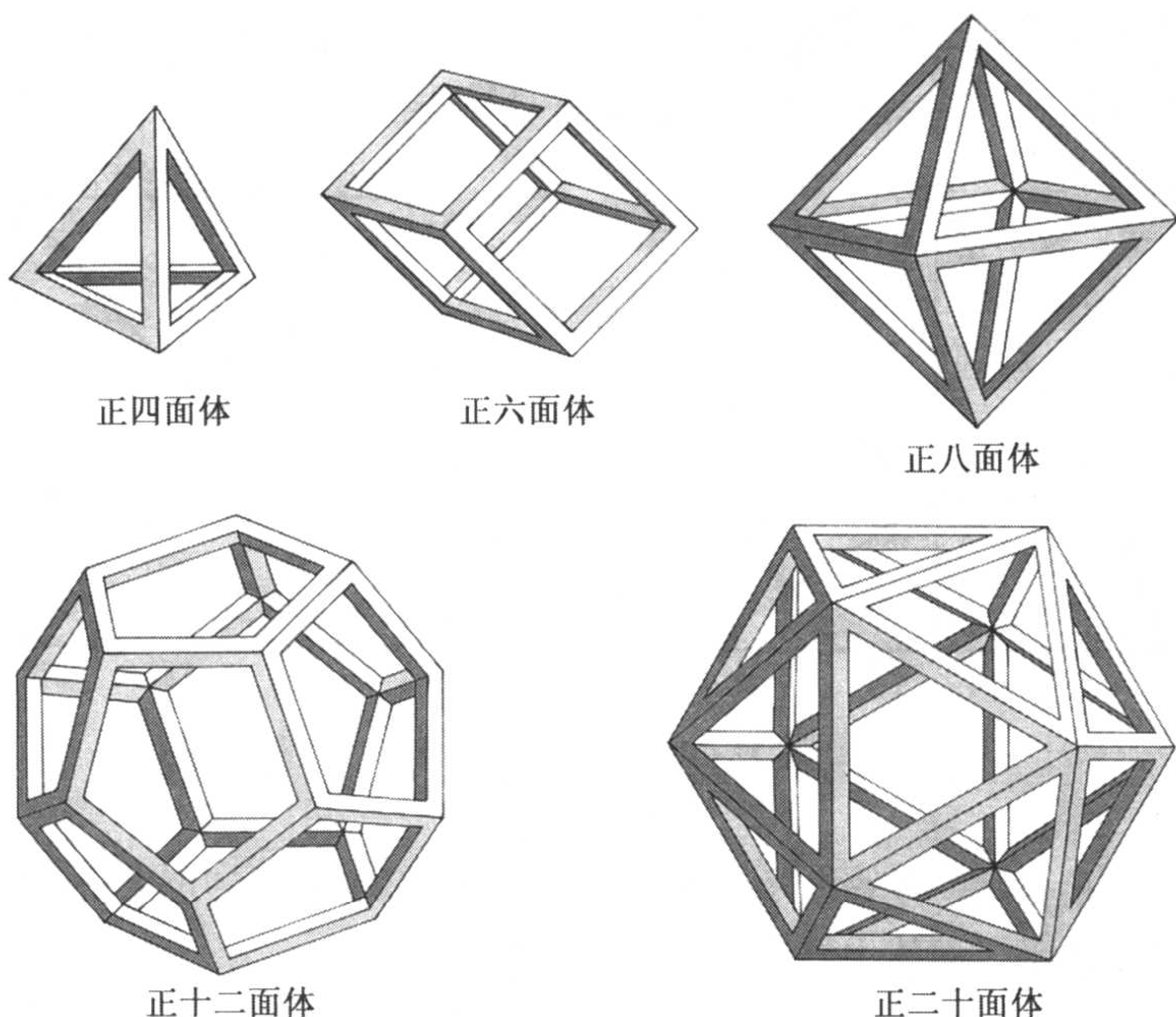


图26 柏拉图正多面体. 【130】

四面体、正八面体和正二十面体分解时得到的是相同的等边三角形.这种相一致性就作为“元素”火、水、气能够相互转化的解释.在正方体的情况下,当然这六个正方形的进一步(对称的)分解也不会导致等边三角形的一个表示.因此,柏拉图放弃了这种想法并且作为最美丽和不可再简化的基本形式,他定义了两种(每个都含有一个直角)三角形,它们之一可由等边三角形而另一种可由正方形的对称分划而得到(见图27).

立方体在这里也有一个特别的意义,它意味着什么呢?如果土以纯粒形式不能变成其他的几个元素而其他的三个元素却没有其他的可能性,只能互变.由“水”可生成“气”,当人们把气作为蒸汽或气体的原始概念来解释,而且由气又能变成火,这是散

发的、炽热的、放光的气.对多面体的等级形式,考虑到与“流体”
【131】的分层次相关,也暗藏着一个深刻的意义.

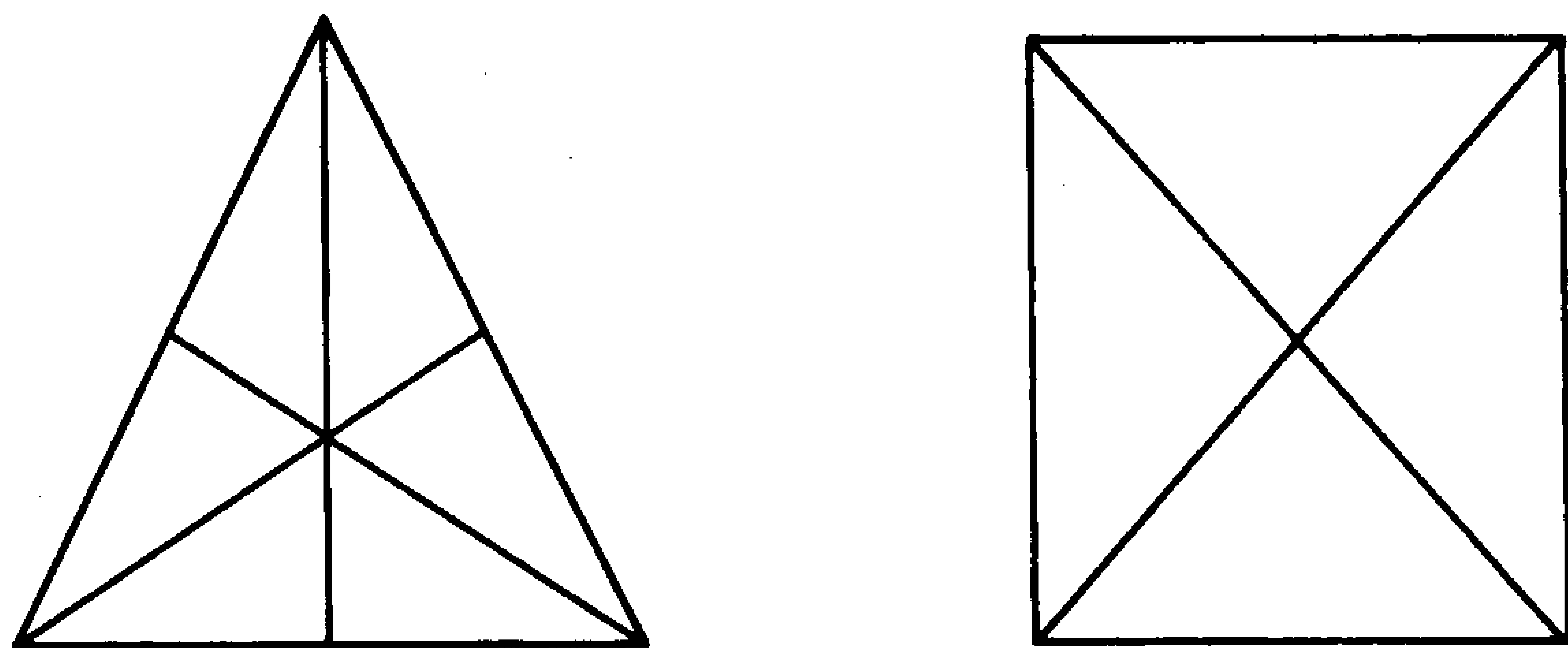


图27 柏拉图基本三角形.

柏拉图喜爱自己的三角形结构方法,尽管他自己也完全知道这在十二面体中根本就不适合.所以他说:

> “如果谁知道在立体的拼凑中能做出一个漂亮的三角形并把它展示出来,我们不把他作为一个天才来赞誉,而是作为一个朋友.”[35]

为什么在这里我们要把自己限制在与今天的世界观没多大联系地观察自然的一些细节呢?这是因为,要说明——而且刚才的引语只能把这个问题抹掉——柏拉图的出发点不是把物质归结于一定的,以细节来显示的原始形式,而是他更注重寻找表示事物间作用关系的一个数学的传统解释方法. 在这里也体现着现代的物理学状况.

在探索已分解的物质部分中进一步分解时的基本分解单位时,物理学家陷入了进退两难的处境.当人们稍加精确观察时,所谓的基本粒子的数目就会增加. 人们曾经希望通过建造一个

比一个大的仪器最终来得到这个充满神秘感的“原始物质”的痕迹.然而,人们所发现的却是新的、存活很短的基本粒子,因此,当今主要关注的就是建立一个满足新获得的实验观点的秩序.人们在寻找那些原始对称来作为物质表示的不可简化形式.

在实验中出现的不受欢迎的精品提示人们，这只能是一个有预先假设的表达,而且在这里值得注意的是柏拉图所寻求的,像在他之前的得莫克里特(在他之后的许多其他人)一样,不是在物质细节自身中的而是以此为基础的数学理解关系中的最高智慧.无疑要争辩的是,到底柏拉图是否知道他自己的论证中这个基本原则上的区别.可以肯定的是,他把自己的理论只作为一个初步的概要来看(见引语),而且在他的全集中也只是处于一个简朴的位置.对于柏拉图来说,美学的观点(“最漂亮”的三角形)是首要的.把这种归纳描述自然的方式从自己的喜爱中解放【132】出来,那是经过了两千多年的时间.因此,这样的认识是重要的,那就是α-预先假设的最后把关者是实验来检验它的结论,是的,所有我们的经验都具有一个有效范围，这个范围就是获得经验的地方.维特根斯坦无可争议地要求,在这里可以补充为“能够表达出来的”,只是在一个由经验证实了的应用范畴内“能够清楚地表述出来.”现代科学所有的基础理论首先都是出自于新的、预料不到的实验发现.

7.2 碎裂的对称

在哥廷根的近郊有两座山丘，人们称它们为“相同”(见图28),就是因为它们非常相似——至少人们从某一个方向来看的话.现在有人报道说,大卫·希尔伯特曾问他的学生,“为什么它们称为‘相同’”?没有一个人回答说有“相同的高度”,“相同的形状”还有像“两个一样”,而让这个习惯于精确表达的伟大学者满意.因此,最后他自己给了自己问题的回答:“因为它们相互间有相同的距离.”



【133】 **图28** 哥廷根的相同.

正好就是数学家，首先对我们从自然界观察获得的知识的一般有效性提出了质疑.对于卡尔·高斯来说,他自己无法理解欧几里得几何的公理对于所有重大的学科都是“自然”的.因此,他自己便做起实验性的验证.由他测量的三角形从(哥廷根的)高哈根到岛山(在图林根)再到布劳克(在哈尔兹)不是足够的大,没有测出三个内角的和与180°相差甚大.他的怀疑——这是由他的后继人伯恩哈特·黎曼做了研究,黎曼的空间几何构成了广义相对论的基础——很快就得了证实.至此以来,就连物理学家也“原则”上很沮丧.对于他们来说,不再有什么“神圣的奶牛”了.

仅在几年前又一次发现一个理所当然的对称性假设,至少在一个很特殊的情况下，是一个突破. 这一发现的影响是很大的.似乎至今所有的“革命”都没有动摇旧的对称原理或者守恒原理,而是更加强烈地显示了它的意义.比如像阿尔伯特·爱因斯坦，亨德里克·安东尼·洛伦兹和海尔曼·闵可夫斯基的相对

论本质上就是一种理论,关注的是四维时空连续中对称关系的守恒.

基本粒子世界中的推进首先显示出要求进一步对称性.最重要的是:对每一个基本粒子都存在一个物质倒影.在这里所有的符号都逆转过来.因此正电子,电子的反粒子——就像名字所示的那样——就是正电荷, 而它的质量正好就是相应的电子的质量.但是中性粒子也有对应体,同样在这些对应体中,整体性质,记作一些符号,比如像磁力矩,都是使用反过来的符号.对此,英国物理学家保罗·狄拉克早在1928年就已预知了这样一些“物质洞”或者“反粒子”.1932年在高放射中就发现了它们,然而也只是在今天用庞大的粒子加速器才在实验室里能够复制它们.反粒子产生于高速转动物质的高能量碰撞,即——在一定的量子条件下——和它的倒影一起出现.反过来,这两者都不会消耗自身的物质存在,如果当它们相遇时,没有完全相等的能量释放出来. 这也是物质倒影通常不能被观察到的原因的一个很好的解释.一个由反物质组成的世界是可以想像的,但是它不能同时与我们由“通常”的物质组成的世界共存.这显示了一个极不自在的情况.

【134】

电荷有一个固有的特性, 它通过一个反射——我们称它为C-(“Charge”)转换——可以改变其符号.还存在其他这样一些对称变换吗?一般说来,我们从力学——它在现代的进展中没有改变多少——知道,以时间轴的反射,即对换现在和过去,随之而来的是改变运动方向的符号,但运动规律保持不变.

进一步的一个非常重要的问题是:在这个基本过程中,存在一个像在原子分裂过程中能观察到的有优先方向的螺旋性吗?或者在这里这两种符号被同等地加以考虑了吗? 美籍华人物理学家李政道和杨振宁就怀疑过——根据很有趣的实验发现 (例如所谓的“τθ”拼图)——那个默认的,但对某些核动力(弱相互作用)从未证明的宇称性.为了把事情弄清楚,他们在50年代中

期,建议去做一个非常困难的研究.我们对此简短地作点介绍.

【135】 要探明基本粒子本身是否具有一个优先方向，那么它们首先就得有一次是有向的,这在原子核借助强磁场是可以发生的,每个核都表现出像一个小小的、不停地旋转的陀螺,它由于电荷的旋转运动具有一个磁力矩,也就是说它表示了一个(磁)偶极子.在磁场中,偶极子的排序意味着所有(等同于物质的)陀螺也是以同一个方向旋转.在实验中,这一点能够做到当且仅当人们同时将测试样本冷却到几乎是绝对零点的时候,否则,偶极子由于无序的热运动总是混乱参杂在一起晃动.

这个由李政道和杨振宁建议的实验是由吴健雄女士和她的同事用钴-60做了出来.它的同位素是放射性的并且放出(负电荷的)β-粒子,即一个电子被分解掉.这个过程对于所提到的“弱互相作用”是典型的.这种探索应该得到关于由内部作用引起的变换这种方式下宇称性守恒的结论.作为其后果,具有轰动意义的结论是电子总是以一个空间方向(见图29)——即以一个上-下的反对称——离开排列的原子核. 也就是说肯定有一个相互作用,它是以β-分解为基础的,也是本质上的某种螺旋意义.要注意的是这个解释仅仅是限制在这里所研究的所谓“弱”核力量.进一步的研究表明,这种旋转意识还是可逆的,如果人们把这个粒子通过它的倒影,即反粒子来代替,当然反粒子的电荷是刚好相反的.

一个实验就是对自然提出的一个问题. 在宇称性问题上答案是唯一的.物理学家必须把它作为一个“已知”来接受.(一个非常自信的理论学家也应该有一次面对这样的相反问题:“如果实验的事实与理论相矛盾,那意味着什么? ”回答:“那对于这些事实来说就是糟透了.”)

还能令人激动的是，当人们试图把不同的对称作用组合一【136】起,除了对电荷(C=电荷),宇称性(P=宇称性)和时间(T=时间)的三个镜像反射以外,人们还详细地注意到了它们的组合,比如CP,CT和CPT.

自然规律的运作应该在镜像下不会改变. 李—杨—吴实验首先说明,对于P和C的镜像,即对于宇称性的逆反和电荷的逆反在弱相互作用中情况不是这样的.但是,早在此之前,盖尔哈特·吕德斯、沃尔夫·保利和尤利亚·什文尔推导了一个定理,它是说,在C,P和T的组合中,一般地说,在任何情况下,自然规律都应该保持其有效性,这个所谓的CPT-定理与经验是完全符合的.

紧接在C和P的对称断裂基本知识之后的另一个默认的假设是,这样的一些伤损是两两成对(比如C和P)出现,并且它们又能在组合(CP)中重新合成.T的镜像反射(时间逆转)也应该是一种作用,它能使自然规则保持不变.

但是,1964年所进行探索的一个轰动结果证明,组合(CP)也保持对称断裂. 如果说这个CPT-定理还进一步有效的话——对此没有什么可怀疑的——那么显然在弱原子能情况下,时间逆反同样也包括一个对称损伤. 新的而且用现在的知识无法解释的事实是,在这两个对称损伤的单个作用C和P的组合中没有显示出不变量. 这个事实清楚地说明,这个理论中总有些什么"还是不正确的."是的,也许是一个新的,还没有被考虑过的互相作用隐藏在这个没有理解的事实里.

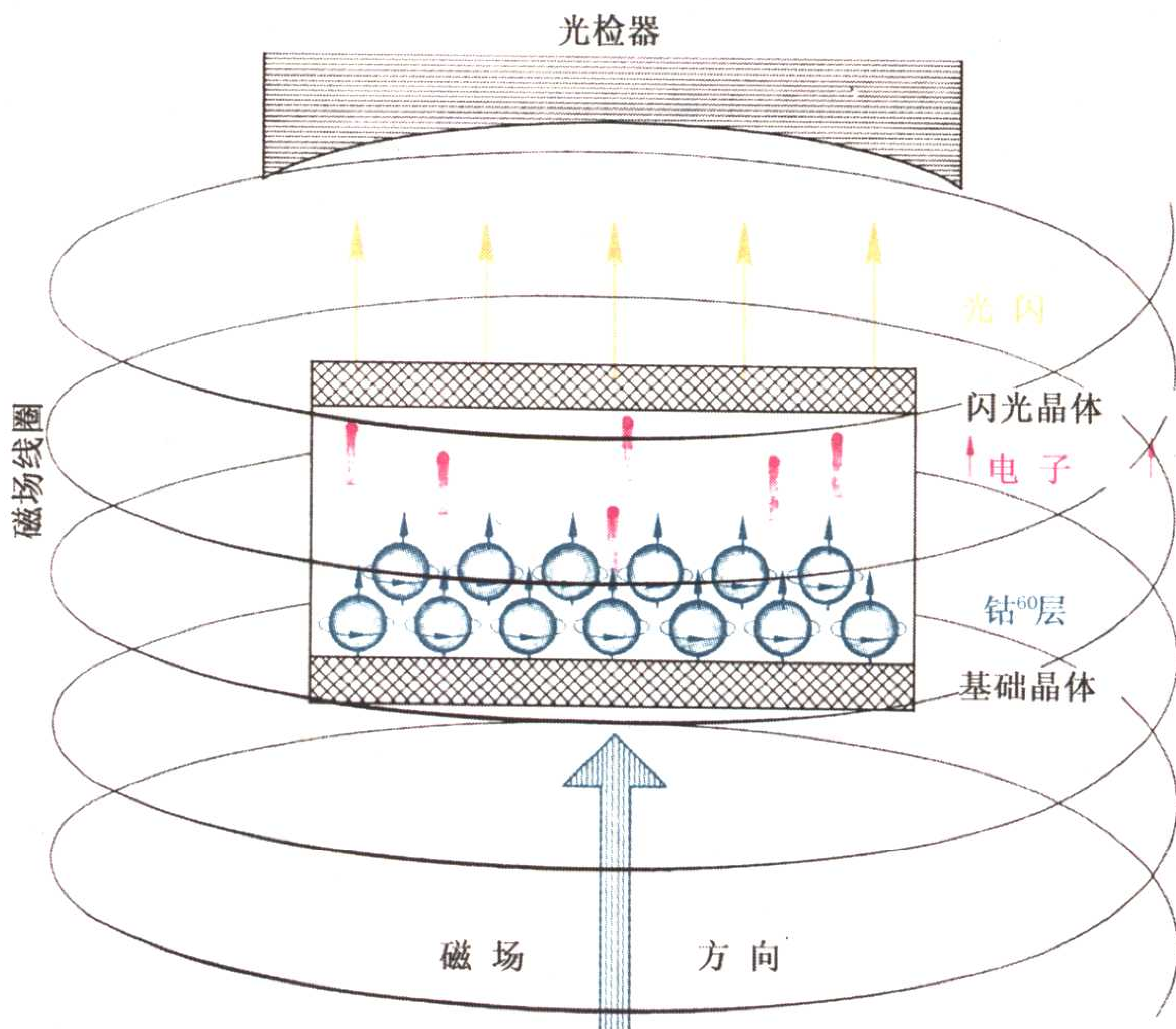
无疑,我们现在也对物理中的"隐私"有点深入的了解了.在这里我们特别想说明的是,没有一种脱离经验的理论,它的获识超前于人们的理解. 这一点对于渴求知识的专业学者和渴求知道信息的读者也是应该知道的*.

前面所描述的问题对现代物理学来说是有代表性的. 在这里我们只是介绍了许许多多困难问题中的一个小小侧面,它在这个领域还可期望得到一个"可以解脱"的解释.

---

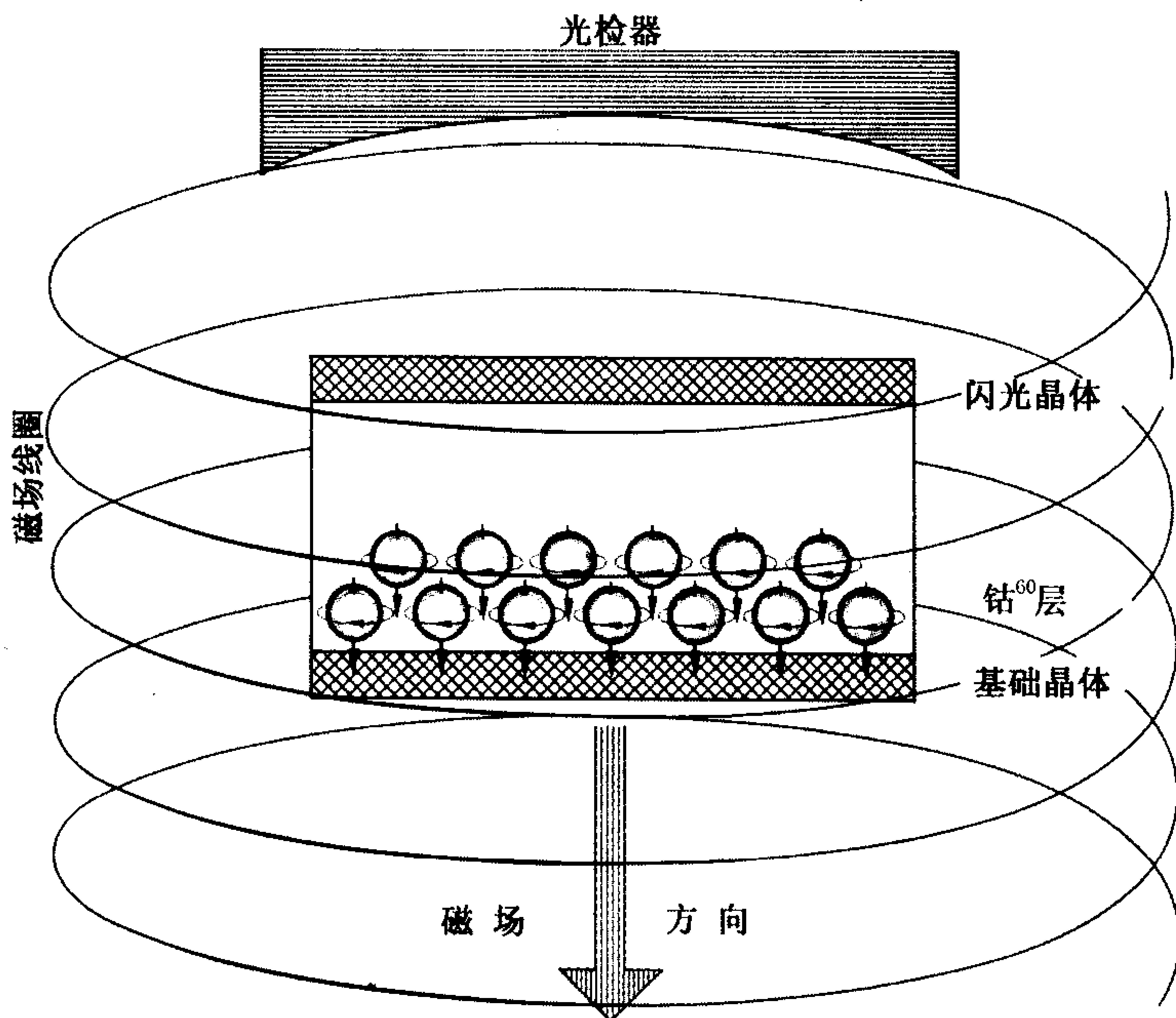
* 所提到的实验的一个详细解释以及理论结果可在汉斯·佛奥恩佛尔德[36]那里找到.

【137】



【138】 **图29** 弱相互作用下没有宇称性，在一个“经典”的实验中得到证实.这个实验是由吴健雄女士(哥伦比亚大学，纽约)以及阿姆布勒、海沃德、赫波斯和胡特森(国家标准局，华盛顿D.C)做的.

在由铈—镁—硝酸盐组成的基础晶体之上有一层薄薄的钴-60同位素结晶体，与试验样品相距大约2厘米处装置一个闪光体层，它能通过放出闪光把出现的电子自动记录下来.(这里产生的光能在磁场线圈和冷却系统之外由一个摄影仪接收并加以强化).测试物和闪光晶体都位于线圈之内，在通电的情况下，



线圈产生磁场，其标符通过电流方向的正负极变化可以逆转.整个实验是在一个低温恒温器中进行的.基础晶体是通过绝热无磁化被冷却到接近绝对零点.在磁场中钴核有序排列.所有的原子螺旋轴指向(几乎)同一个方向,这就是说,核旋转是在同一个意义下进行的.

这个实验说明，在β-分裂中逃出的电子不均称地离开有序的钴核,转向两极方向,与核排列有关的区分符号的出现只是在左图所示的实验条件下才发生.

【139】

理论家的阵营目前已经分裂了. 其中的乐观者仍然热衷于柏拉图的理想主义.他们寻找一个超序的平面,在其上使得破碎的对称性能再重归完好. 维纳·海森堡在结合了沃尔夫刚·保利发现的特殊对称关系以及利用保罗·狄拉克考察复数时不寻常的度量之后将其加以推广, 在这方面走得最远的海森堡已经看到了“自然统一体”图像轮廓的出现,而对此,伟大的持怀疑态度者保利却不认为是这样.

阵营中另一半的同行们——我们没有必要称他们是悲观者——认为“所有认识的都是在意念中所认识的”.对于他们来说, 没有绝对的对称存在于宇宙之中, 能使这个宇宙以其整体的,自然常量表现出来的度量来承受住经常的变化.这两种观点都有互补性并且都表述了相同的现实. 这里涉及的是找到思考平面, 它能在我们思维器官的给定结构中允许一个具有最优先的现实图形,这里尤为重要的也许是规律性、普遍有效性和对称的相似性.

7.3 对称性后续

让我们再回到我们意识经验的世界. 在这里几乎不存在完美的对称. 许多形式和形状在我们的周围就根本谈不上规则性. 在艺术中几乎所有的——明显是可接受的——成比例都消失了.建筑师当然再度热衷于正方体,生物也表现出一定的对称,【140】高级的要比低级的明显,后来的个体发育均要比早先的明显.单体细胞有一个光滑的形状,维纳斯的匀称也固定在大理石上.

对称在自然中的出现是作为进化的结果, 它并不是进化的原因.对称必须通过选择优势来证实,否则它在变异和选择的交替中既不能维持也不能实现.这就是现实生活与对称的游戏,就像作曲家用节奏和和谐来作曲一样. 分子生物学的两个例子可以将这种选择过程更直观地表现出来. 在第一个例子中可以清楚地看到,大自然并不需用对称的方案,如果它相对非对称方案

没能表现出有优越的一面.在这里人们又可以放弃宇称性;但它只是在形式上类似于宇称守恒在基本粒子物理中的不成立.

大约在19世纪中叶,路易斯·巴斯特尔发现,有生命的细胞在物质代谢中明显地表示出有相互联系的处理方式,这种联系以立体化学的形式通过一定的旋转意识表现了出来.人们可以说,代谢机器的酶在工作时仅仅用的是一只“手”.手工和“手”这个字眼(由希腊语Cheir=手而来)在化学中也确实是用来刻划这种立体化学现象的.这种手征性有什么样的作用呢?

同样也是在19世纪,雅可比斯·亨特利库斯·冯·厚福认识到,碳原子具有正四面体结构,并且在它周围放四个互不相同的锂刚顿(Liganden)时就形成一个反对称中心.通过偏振光就可以看到这种反对称性.对于那些读者,不知道偏振光这个概念,只需理解,这是一个仪器,它能显示:

- 是否所涉及到的物质是光学活性的,即有一个反对称的中心——只有此时,测量仪器的指针才显示一下.
- 化学联系的螺旋意识是什么,即是否有一个左旋转或右旋转.这时指针就指向左或者右.——以及
- 这个光学反对称的强烈程度,这就是说,指针的读数是在什么值上.

【141】

一个反对称的出现当且仅当在所有的四个锂刚顿确实互不相同时.这是因为正四面体的四个顶点的等效性.图30直观地显示出它们的关系.只有当四个锂刚顿互相不同时,人们无法通过施转像和镜像变到原位.这两种排列序也就提供了光学旋转的一些测量值,它们在绝对值上是完全一致的,而在符号上是不同的.

在一类重要的生物大分子中,蛋白质的基本元素就含有这样一些反对称的碳原子.在整个有生世界中——从大肠杆菌到人体——所有蛋白质的基本粒子都是左旋的,这就同时意味着,同样的旋转意识也强加于由此构成的大分子链.蛋白质形成的

是左向的螺旋——即理鲁斯·保林所预料的《α-螺线》.这并不是说,蛋白质粒子的镜像大概化学家还不知道,这些在他们的合成仪器中如此经常地出现就像“左旋改锥”.是的,这些镜像在低分子形式甚至从有机物中都能产生并加之处理. 只是不加入到蛋白质的分子链中并且必须由自然界中特殊的 “酶机器”(见第15章)来生产,这个机器与蛋白质的生物合成毫无关系.在这里占统治地位的是绝对的左旋.而在核酸中正好是反过来的,在那里是——且只有单一的——右旋.

那么是如何走到了这个不成立的对称性的呢?

首先人们很容易理解, 两种旋转方向在同一个大分子中使用就不会具有优越性.事实上,这在进化中也是对的,赢得选举,这大概就像“党派纪律”——即合成原则中的统一性——一样具有优势性.在有手性参入的链中,合成机器就必须有一个很复杂的结构,足以能够在构造左旋或右旋时完成不断的关开.一个有效的酶要与它的培养基立体化学式地精确相适合. 从一个本原【142】的分子系统,人们无法期望这样的一个多重性,即立体化学地来重新在每次将要加工的培养基中构造出新的来.

为什么人们不能在自然界中找到两种类型的蛋白质分子及核酸分子能够和平地在一起,即那样一些,它们完全是由左旋转构件组成的,和另一些,它们完全是由右旋构件组成?

有一次蝎子想过一条河,于是它问认识路的龟,能否把它驮过河,因为龟会游泳.龟回答道:

“如果我们在河中间,那会怎么样呢?那时你刺螫我,我就会沉水而死?”

“别犯傻了,”蝎子反驳道,“那我们两个都会溺水而死的.”

于是龟的疑虑显得有点多余. 可是当它们真正处于河中间时,蝎子刺起了龟,在死亡中,龟问道:“你怎么能这样做呢?”

也同样正在溺水下沉的蝎子回答道:

“现在你知道了吧,这就是我的特性嘛!”

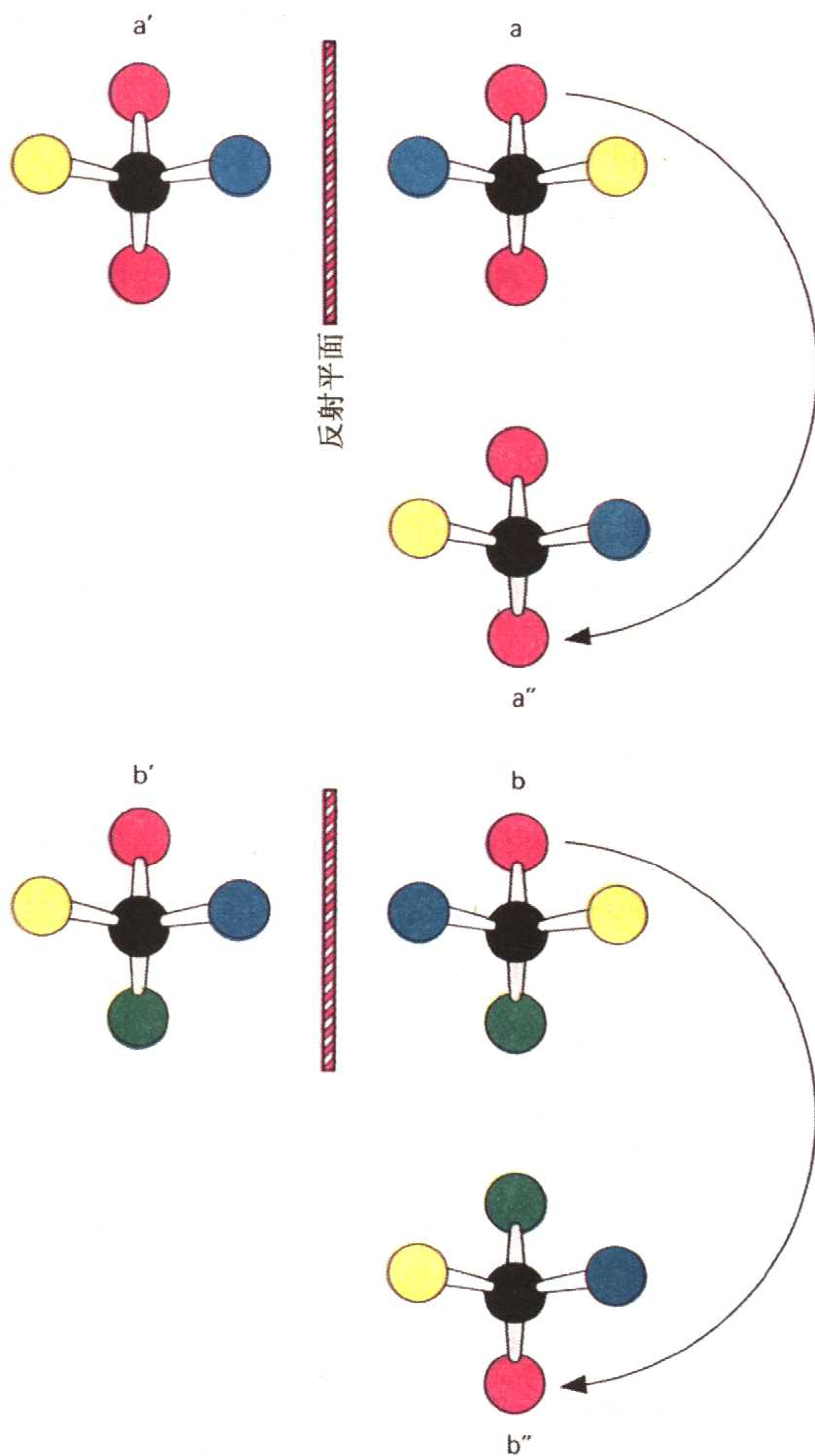


图30 碳原子的手工中心的存在只有在所有的四个锂刚顿互不相同时. 在有两个相同时 (见上半图) 有一个180°的旋转.(绕通过碳原子——黑色——一个轴,垂直于纸的平面)排成一个锂刚顿的序(a″),这是完全与镜像(a′)一致的,(a″)与(a′)是完全没有区别的.相反,在四个都互相不同时(下半图),镜像(b′)和由旋转后的排列(b″)不能相互等同. 【143】

这个寓言与生物大分子手工中不对称的原因之间究竟有什么联系呢?

正是由于早先自我再生的分子系统的特性,它一点也不容许"左"和"右"和平地共存.在大分子的手性中,对称性的不成立有些生物学家认为是由于一种现象的一次性,这就是人们把它看作是我们这个星球上生命的起源.这样,生物的进化,以及它们的早期阶段都是再生、变异和选择的结果.这样一来,原始事件发生的频繁与否就是无关紧要的.选择中"全部或全无"—决策(与第12章,262页比较)表现的就是只有一个可能的方案可以实现.选择中两种可能的哪一个出现就留给偶然性来挑选,这也像在我们的选择游戏中获胜者并不是一开始就确定了,尽管——即使有相同【144】的获胜机会——总是有一个胜利者.所有的化学反应,它们从这个选择形式出发,都是以相同的分子择决概率进行的.没有什么理由来假设,变为有生命的多层过程表现的是一个如此少有的事件过程,以致它是绝对独一无二的.此外,作为一种过滤方式的选择,它还能做到最终使一个奇异事件链保守化,并且让所有在地球上的生命都能追溯到一个共同的历史起源.

这样一来,既不需要一个原则上的不对称,因为蛋白质基本粒子中先天的"左手"优势,也没有一个对称的联系,由于一个不确定的起源的唯一性.尽管两者在竞争中有相同获胜机会,但是像宇称性这样一些东西的失效是进化方式的必然结果,也就是说,与所谓的"原始事件"发生的频繁程度无关.宇称性的失效是由于一个基于非线性增长率的、始终都在竞争的选择,也就意味着一个规则上的后天不对称性.

我们的第二例子描述的是一个相反的情况,即对称方案的优先性.单体蛋白分子虽有——多次提到——一个固定的结构和形状,但是进一步来说却没有对称的构造.这个分子唯一的规则性是肽联结,它把分子式的基本元素互相结合成大分子蛋白链.这种立体特殊联结的周期性重复促进了具有一定旋转意识

的一个螺旋形式的形成. 一个普通的蛋白分子含有达到几百个成员链,它们大约由二十个不同的蛋白粒子类排列而成.每个类是由一个特殊的分子群来刻划的, 它表示的是某一个特别的核作用.单个链元素的顺序没有对称性,是的,在客观考察中它应该是任意出现的.然而,正是在这个唯一确定了的序列中蛋白分子功效的整个秘密可以得到解释.

在一个长期的进化过程中, 这些随机出现的链一步步地在【145】改变, 使得它们以特有的方式能够折叠并由此使得选出来的作用群能在一个狭小的空间,即所谓的分子活动中心相聚合.这样就像一个机器的部件合作性的对"分子工件",即培养基施展作用.蛋白质被看作是最小的和已知的机器.它会裁剪、焊接、交换、分类、运输和转化,每个蛋白分子以及酶都有完全确定的作用.因此,莫诺特把它叫做"非凡结构"(teleonomische structuren).它的结构不遵循美学原理. 实用——正好就像一个由人设计和构造的机器——是唯一的要求.然而可以看出,实用性与对称性可能有完全相同的意义.让我们来看一下燃烧发动机,它的汽缸在多数模型中相对于曲轴是对称排列的(见图31).这样,活塞的平移运动就会以同样的形式转化为曲轴的旋转并且同时带动阀门相协调地运作.以一个类似的方式——我们说得更好点:由于一个类似的teleonomisch原因——无规则皱叠的蛋白链能够镜像似地聚集在一起. 它们可以由此协调相互间的联结容量以及合作性的调控自身的反应.

研究最深入的对称蛋白复合是红颜色的血色物质, 即血红蛋白.它是由四个两两相同的分子链组成.这些链是这样相互排列的,三个互相垂直的对称轴在分子的中心相交(见图32).我们今天能够知道这种大分子群的约一万个原子中的每一个的精确空间位置,这首先要感谢马克斯·乌兹、约翰·肯得列和他们的剑桥学派.他们把马克斯·冯·劳尔、威廉姆·亨瑞·布拉克和威廉·劳伦斯·布拉克曾用的伦琴摄像结构分析方法做得更精细,人们

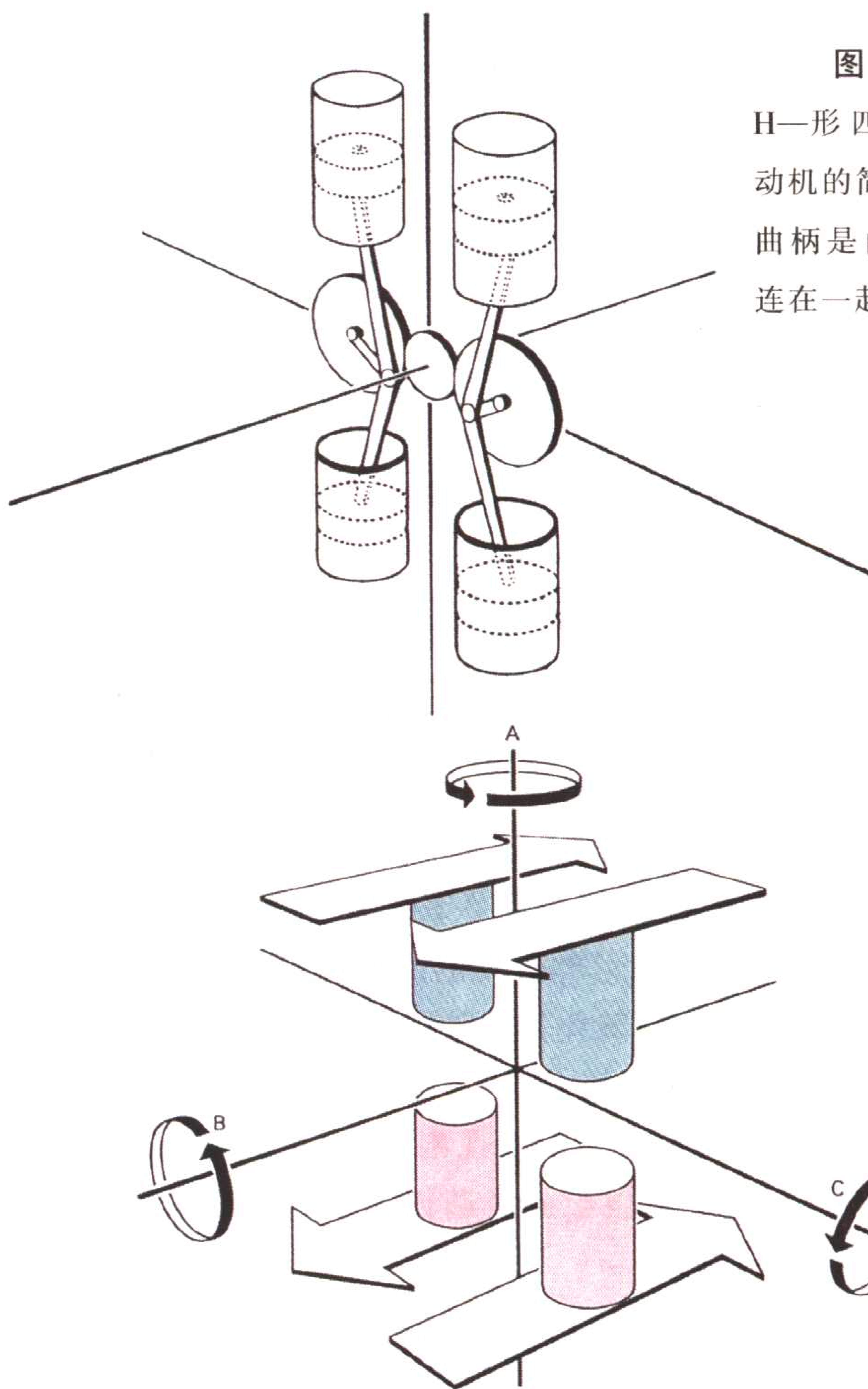


图 31 一个H—形四缸燃烧发动机的简要图(两个曲柄是由一个齿轮连在一起的).

图32 血红蛋白分子的简单图示.四个子单位(这里画作筒柱体)中的每一个相当于一个蛋白链,它的结构和构造如图11所示.(箭头表示的是分子复合中单个链的方向).每两个子单位刚好相同.这已用颜色给以显示.因为这两对“双胞胎”互相有区别,这里涉及的就是一个几乎对称,当然A轴是一个真正的对称轴,而相反,B和C是一个伪对称轴.[37]

【146】

不仅能从伦琴射线的反射把分子晶体的格点位置的重复排列重【147】新构造出来，而且还能把单个蛋白分子毫无规则的原子细微结构准确的重新构造出来.

为什么不对称的蛋白单位能够自己合成一个对称的复合体呢？

在血红蛋白的详细结构得到解释之前，杰克·莫诺特、杰色福·怀曼和让·皮瑞·尚格就已做出了一个有说服力的模型而且由此也就给出了上述所提问题的答案.首先不对称元素能够组合成一个对称图案是不足惊奇的.这在艾什尔的绘图中就已令人信服地描述出来了.我们可以从中得到“蛋白模型”解释的启示.图33表示的是两个绝对的对称图形，它们每个都是由四条鱼放在一起组成的.第一个组合中的鱼是密密地放在一起的，它们都很饥饿，这是通过棱角形式来表示的.在第二个组合中就完全不同.在这儿的几条鱼都是营养很好的，看上去都是圆肥圆肥的.一群小沙丁鱼出现了，一个肚子饿的鱼立即将一条吞住，其余的三个复合-伙伴仍依旧(为了保持对称性)如故，保持着与第一条鱼相适合的结构.在这个有空隙开放的复合排列中对它们来说是更容易得到食品，从而进一步保持它们圆肥的形态.

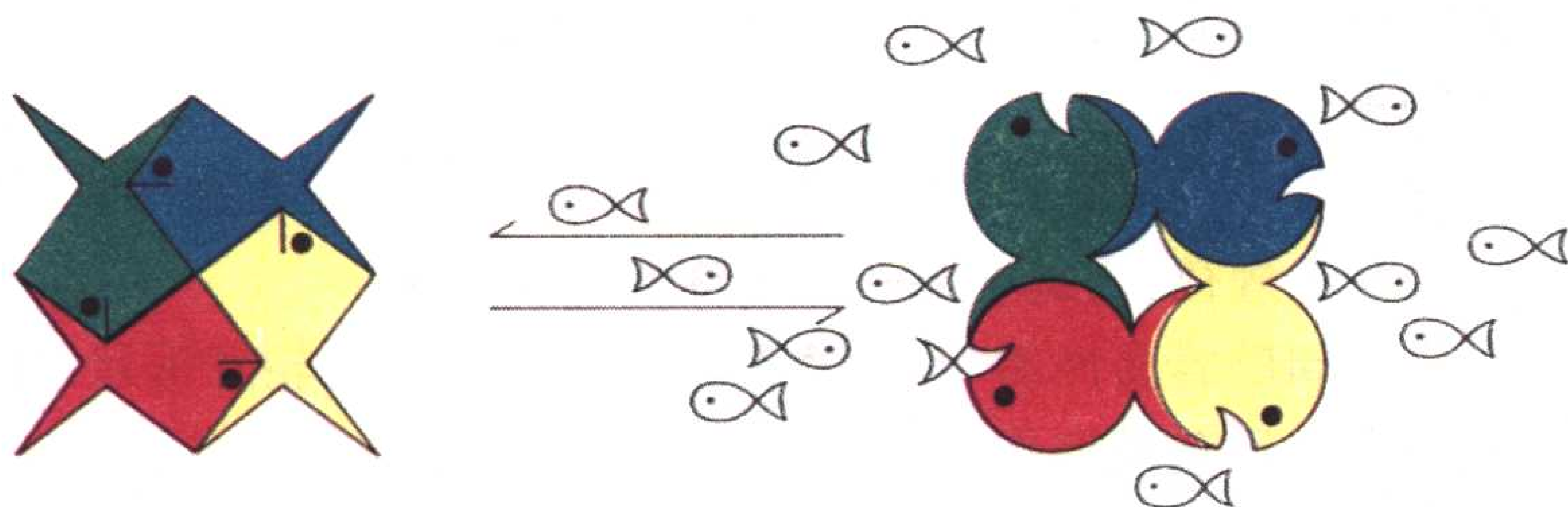


图33 血红蛋白分子的“Allosterisch模型”.通过一个培养基(在这里是一些小鱼)两种交替结构开始互相转换，并进而相互合作.

类似的合作也出现在莫诺特、怀曼和尚格的模型四个蛋白子单位的结构转变过程中. 血红蛋白分子的任务就是捕捉氧并把它送到躯体细胞的“物质代谢工厂”.每个子单位都有一个活动的捕捉地盘.换句话说,血红蛋白分子链皱叠在一起使得能够形成一个捕捉氧的中心. 这些链也可以绕缠在一起并以此来大量地减少对氧的亲合性.只要有一个氧的“接收者”存在,这种情况就会发生.在器官体的物质代谢中心,血红蛋白输送的氧会无【148】休止地减少.相反在肺中,传输分子在有足够氧的情况下,又能变成高亲合形式——就像鱼看见食物一样.(比较图11)

这种协作式的结构转换和亲合运作并不仅限于血红蛋白.当然,它是在人们使用一个“真正”的酶时,才能起作用,这不仅是像血红蛋白一样,捕捉培养基和运送培养基,而且也将这些自催地转化.这种结构转变在这里不仅能通过培养基,而且也可通过一个特殊活性剂分子——比如通过反应或者任何一个随后产物——来引起,只要这个分子是位于另一个有“allosterish”捕捉位置.人们需要一个操控仪器,用它通过活性剂的帮助来调控催化作用,比如完全停止或全部进行.以一个类似的方式也可以把多个酶合成为一个完整的规则系统, 其中就像在完全有组织的化学工厂一样,所有的工序都相互经济、协调地运作.事实上,反应控制这个概念反映出了有生细胞中协作反应事件这个神秘东西里的深刻意思.

那么是不是对称在这里也成为一个必要的前提条件呢? 存在一个自然规律,它遵循某一个对称的定律吗?

这个问题容易回答,只要我们坚持一个给定的轮廓形状.再次我们可以用鱼模型作为一个例子. 一旦有一个鱼改变了自己【149】的形状,它就不能再适应于原来的空间位置中.这一点当然也在更大的程度上适用于最复杂的联结位置模型, 这些位置起着联系两个蛋白链的中介作用. 通过破坏原有对称性而产生的作用力有一种趋势,要么在培养基的碰撞下,所牵涉的子单位趋于回

到先前的状态,从而再次与原来的连结模型相适合,要么其他的子单位改变自身,使它们形成一个新的能适合于变化了的形式的接触面.在我们的鱼模型中,这种关系也被象征了出来,那就是所有的合作对手要么接受一个圆肥的形式要么保持棱角的形式.

关于是否存在一个神秘的保持对称性的规律这个问题还是没有彻底回答.蛋白链当然不是在绘图板上来构造的.这必须是在演变的过程中同一个蛋白序列的两个可选择的结构形式出现,它们正好具有这样的性能,二者以对称的方式结合成一个复合体.

这个相当困难的结构问题在一个变演的过程中是怎么解决的呢?这个具有庞大数目而无法一下子数清楚的不对称结构形式是怎样被筛选的呢?

在一个蛋白链的皱缩中,总有一个形式产生,它能通过链与链间的连接,把亲合性最大限度地稳定下来,在这一点上,对称的模型与非对称的相比较没有什么特别优越的.有许多生物化学家——我们首先想提的是丹尼尔·科什兰——已经证明,不规则的酶复合能够像它的对称相应物一样好地完成所说的催化控制作用.现在如果我们再次回到燃气发动机的例子,我们就会马上发现一系列不对称结构的类似情况:比如现在的柴油发动机完全不是先前的对称结构,而且发动机的原理正好就是由转动活塞的偏心运动来体现的.

那么在演化中唯独起决定作用的实用条件究竟是基于什么才在许多情况下与有对称性相关联呢?(实验表明,酶复合体通常具有对称的结构.) 【150】

在演化中只有那样一些变异具有上肢,就是那些明显通过表现出选择性优势.换句话说,变异如果想在挑选中获得成功,就必须有一个功能性的优势,它能以某一种方式开拓出变异物种的再生成.当然在有优势的变异者中有许多样品,它是以非对

称为优先的,而不像另一些都是对称的组合排列.经常出现的有规律的结构都有一个较高的进化速度，因为具有的优势在这里是对所有的子单位都能同时作用,相反在非对称的情况下,只是对一个出现在变化中的子单位作用.

这种效果人们自己很容易用小球游戏来验证. 人们可用像图25所给的规则游戏.某些图形在选择时有较高机会被选中;因为对称图形扩散速度快并有多面性. 在无规则的模型中为了达到同一个目的，就必须有相应的——由于相同的原因——一系列数目的变异. 因为进化的路要经过许多步骤才能达到完美的最终结果，所以在由许多相同的子单位组成的形式上就有一个非常高的进化率. 我们今天在生物中之所以能发现这么多的对称结构，是因为它们能够把自己的优势有效地传递下去,从而——一个次要的——赢得了这场选择竞争，但不是因为——一个优先的——对称是实现功能性目的绝对不可少的先决条件.大自然甚至也容忍完美对称的一定变形,只要它不与功能作用相违背.这也就是为什么血红蛋白对称(见图32)也只是一个“几乎对称”.

【151】 “生活在精确的正确性面前总是会战战兢兢的.”[35]

第8章 序的变形

在数学的序概念后面首先还有一个（唯一的）位置排列，而在物理中"有序"和"无序"却是相对立的.有序的物质状态包括着许多可能性，它们在"排列顺序"意义下不相同而且可以通过"半序模式"互相建立起一种联系.

在人类的共同生活中"公正合理的秩序"是首要的.这样的一个秩序是规范了的，而不是自然就有的.相反，生物的序都是由自然界的竞争方式产生的.以人类使用的"公正合理的秩序"为标准，人们就必须从生物的继承者中解放出来，但不抛弃个体在动机条件下行动所表现出来的自身特点.

热力学的原理确定着无生物质宏观的、稳定的关系，并且同时引导着有生自然趋于秩序化.在每个个体结构方面，有生物当然是偶然性的产物.

社会学理论乐于将其建立在这些方面的一个或另一个上.但是要求生活和社会中存在的观点在"绝对和完全的偶然性"下有一个科学论证正好就是"万事有灵的缩影"，如同把一个辩证的必要性假设条件作为唯物世界观的基础一样. 【153】

8.1 "公正合理"的秩序

"社会民主党的经济政策的目的是不断提高的生活水平和国民经济的所有参与者的公平分配，一个独立和没有剥削的自

由生活."*

有谁对这样一个声明不是立即感动地赞成呢？要富有和健康而不想贫穷和疾病!

在他的著作《数字与人类的历史》中，卡尔·买宁格尔讲述了关于两个牧羊人的寓言，他们的友好关系通过对公正性的主观理解要经受艰苦的考验.为此，一个陌生者将送给他俩8个碟子，作为回报分享了他俩午后的礼物点心. 当然两个牧羊人为这次共同的午后点心所付出的是不等的.其中的一个人贡献了5块奶酪而另一个只拿出了3个. 因此其中一个人有权使用8个碟子中的5个，而另一个则不是"很多的部分"，这种情况于是就弄到了法官面前，法官严肃地询问他们，是否他们之间的朋友关系的"优先性"高于数字的"公正性".然而，这两个牧羊人都坚持"数字的公正性".对于他们来说，只有一个绝对的公正，并且这一点法官的评判应该显示出来.因此，判决是这样的，贡献出5块奶酪者得到7个碟子，相反另一个，贡献3块奶酪者只得到一个碟子.这样判决的原因是一个简单的计算例子. 从这8块奶酪块中每个人自己吃掉八个的三分之一.这样一来，陌生人吃掉其中一个人的7个三分之一块，另一个人只获得一个三分之一块.也就这样来分所得到的报酬.就是说，在这个故事中，判决结果使他们大为吃惊的两个朋友应该把朋友间的友谊放在"数字的公正性"之上.

我们并没有这样的意图，想把非常复杂的"公正"社会秩序问题通过这个寓言来简单化甚或来贬低.这个小小的故事说明：

公正性是规范的自然性而且不是基于一个绝对的事先给定的规定.

在人们试图将一个已知的秩序用一个更为"公正"的来代替之前，应该首先弄清楚，这样做究竟能给人们带来什么？我们在这里引用评论家斯代芬·斯本德[39]和德国大学生社会联合会主席

【154】 * 选自社民党哥得斯拜尔格的报告，1959年11月.

卡尔—狄特利希·沃尔夫(1969年6月)两人之间的一段谈话,后者说:

> "我想(以此)来说明,几乎有不可限制多的可能性来利用我们这个时代的高新创造. 然而所有这些可能性都被忽视了,因为一味地追求利润、系统地消耗和系统地剥削压制了这些可能性的最大限度使用."

我们想就这种观点对联邦德国前五名化学企业的年度结算作一个对照:

总销售额: 10亿马克	100%
原材料和各种配料	47.6%
折旧扣除,经营费用	21.3%
工资、酬金、社会公益	22.7%
税 (=经营 赢利的60%)	5.1%
扣除 (企业资产补助)	0.7%
红利	2.6%

应该强调的是在8.4%的经营赢利中(比较表中的后三个数字)这里涉及的相对来说都是正的结果,这是一方面由于出色的领导管理和高科技水准,另一方面只是与一个有效的经济发展形势有关.如果人们将这个结果与前面的引用语相联系.那么人们不禁要问,哪一些"几乎是不可限制的"可能性在放弃一些利润时还可利用呢?如果人们比较2.6%的红利与工资和奖金的费用,那么这些本来就不超过常常要求的增长额.另一方面,许多人把他们全部通过艰苦的工作得到的财富作为他们晚年生活的 【155】

保障投放在这个企业中，其中涉及的是广泛分散拥有股票的公众社会.利润的减少将会导致许多人比较贫穷甚或很穷，而没有人成为能说得上的"比较富有".整体生活水平的增长在工业国家内本质上只是通过所有人更高的工作效率，而不是通过财富的重新分配来达到的.

所有对"国民经济有贡献的人"参与分配显然是今天所有政治派别所宣传的，为的是它们能作为执政者.问题就是这个"公正"的秩序在个体那里究竟会是怎样的呢?

首要的是原材料和能源的消耗由于消耗的不断增长受到限制.对于这个问题，我们还要在第13章作详细讨论.尽管有限制，在这里还是有可能要在不削减其他东西的情况下，进一步创造价值.如果不这样，就不会有"不断提高的生活水平."为此总是需要创新的想法.是的，具有开拓的创新能力肯定是我们的未来所需要的，就像能操控所发明的机器之技能一样.实现机会的平等不是简单地通过统一的教育体系能达到的.提高"受教育机会"无疑是受欢迎的.然而，没有连接的不同形式的教育将使这个措施毫无作用.今天有许多人很重视"脑猝变"，这肯定对解决能源和原材料部门的某些问题将会是必要的，但是没有有区别的教育，将会缺乏"合适"的大脑，从而"大脑猝变"也就不会出现.

【156】 关于在增长的富裕水平中所有人的公平分配，人们(就像通常进行的那样)不能破坏现有生活水平得以保持这个前提条件.富裕将是通过劳动和贡献得来的，能够发挥人们必要的创造能力所给予的鼓励必须公正执行.奖励是动机的先决条件.我们不能把进化中的这个遗传抹掉.如果我们要确定一个行为准则，那么它就不能不考虑人的本性，公平性不是事先固定的，每个社会都必须在自己可能的框架下力图达到它.

增长率在进行的过程中会降低(见第12和13章).一个稳定状态必须能够保障使得爆炸增长不会一下子变得极度疲软.这个任务的解决决不是通过"一切平等"能实现的.我们在这里使

用的是政治口号，因为它在马克思—列宁的论著（俄语пяацилоцка)中有贬值的作用.所有的劳动者工资相等这是由列宁,后来又由斯大林作为非马克思主义被抛弃了.于是有两种可能性:对财产进行国家控制和分配,或者是在一个自由的体系中,让劳动者具有创造性和责任感并允许一定程度的“富有者”.

对于在一开始就提到的“一个自由、独立和没有剥削的生活”,不同的社会体系提供了精确的观察材料.不止一次的从这个基本概念中人们也能了解到一定程度上相一致的解释. 难道“自由”不是指在“人们的活动空间”、游戏空间中,自由地运动、去表达、去思考可能情况、去期望、去热爱和忧虑吗?

在一个完全有序的质点系统中这是少有的，可能就像在一个无规则繁生的细菌培养里那样.

团结这个概念似乎起初是以理想的方式相应于我们这个时代的需要，它是起源于个体和集体的两极分化并且照顾到了人们相互变化的联系. 个人与社会的依赖关系同个体自身及其在社会中获得的尊敬是相对等值的. 然而这句话却常常由于不加 【157】 批评地使用而被贬值,即使当它还没变得枯腐时.今天团结作为政治派别的夺权招牌用来打压刺耳的批评. 光强调团结和谴责不团结的行为自身就是一个矛盾.

自由需要一个秩序就好像改革中的游戏空间一样. 因为我们对于公正性无法事前来“计算”,留给我们去实现它只能是进化这条路子.在每个发展阶段必须用旧的来衡量新生的,就这样便出现了生活,也就是这样,人们逐渐习惯了它;从而也只能是这样,一个有自由,没有奴役和没有剥削的生活才能实现.

8.2 数字的序

数学家称一个集合是有序的,如果它的任意两个元素按照确定的规则相互能够比较,即对任意两个元素a和b必须有:

1. 或者a小于b,或者b小于a,或者a和b相等.

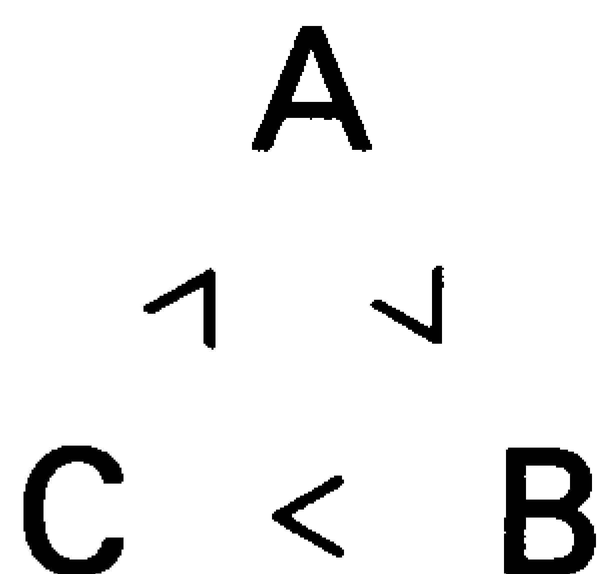
2. 上述三种可能性是互斥的，即没有两种可能性同时发生.

3. 这种顺序必有传递性,即如果a小于b并且b小于c,则必须a也小于c.

正好与这最后一个条件相关,使我们想起了一个小故事,那是考阿特·罗伦兹在作完动物世界里等级报告后讲的一个故事.他讲的是野鹅,这是泽瑞森·马克斯—普朗克研究所的备受喜爱的“家禽”.

在三只鹅中——我们简单地说它们是A,B和C——有一个明显的等级关系.即A>B>C,这就是说,B,当它遇到A时,就得给【158】A让路以示尊敬,而它自己被C尊敬着,C也“自然”地要尊敬A.然而,人们很快就发现,这并不是“自然的”.有一天,C振作起来,在和A进行的两场决斗中获胜,从这时起,屈从关系变了过来.对A来说现在的C就是“领导者”.但是这种统治关系的变化只是在A和C之间,其余间的互相关系依然不变.B继续讨好A,C仍旧顺从B,只要它看见B时.

这种等级关系可以抽象地用一个循环图表来表示



这里大于号(>)表示的是支配关系.

类似的循环等级顺序人们常在体育领域中找得到.因此,这并不是少见的,一个运动队A在一系列比赛中胜了B,而B赢了C,但是按照规则,C在比赛中,它领先于A,是胜利者.在这里心理战——这大概完全与胜负所带来的排列顺序有关系——起着一个重要作用.

在集合论的意义下，这种循环的排列顺序不作为一个

序——甚至连"半序"都不是——这是对鹅故事的一个清楚地阐述(见图34).这三只鹅没有像在抽象图表里用一个循环顺序来表示,因为人们每次都要画出两个鹅来.事实上,这个循环顺序也不能同时实现.

在物理上,"半序"具有重要的意义.一个集合是"半序",如果第158页所述三个条件中的最后两条成立.这就是说,不是集合的所有元素都可以互相比较大小,还有不能比较的元素.但是如果出现元素间排序,则它们必须像在全序的情况下一样满足 【159】 第2,3两个条件,这样一些半序在我们的日常生活中是常有的.比如我们和许多人来分享一个音乐作品.我们并不准备给巴赫的一个组曲和贝多芬弦乐来一个等级排序,两个人的作曲各自的美对我们来说是没法比较的,而且也没法通过评分把它们来相关联在一起.

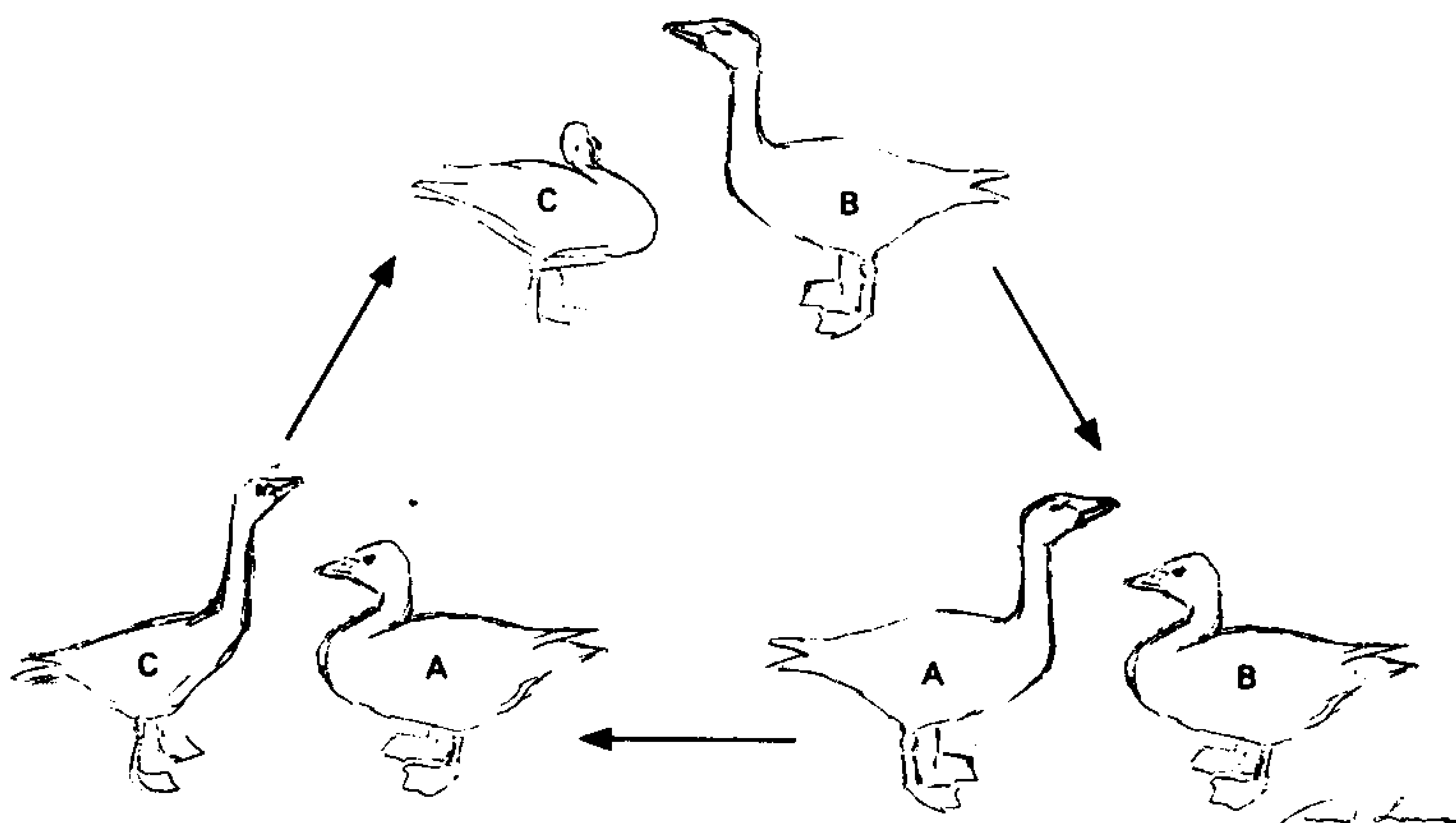


图34 循环排序示意图(由考阿特·罗伦兹绘画).

自然数序列所表示的就是一个有完全序的例子.从对它的研究发展起了一个纯数学的特殊学科,数论,它的开始要追溯到皮·费马;莱·欧拉,阿·勒让得和卡·佛·高斯.作为序的例子,我



们考察自然数的分划.英国数学家阿尔佛里得·杨(约在20世纪初)为了表示序关系引入了一个简单的图表,即所谓的分划图.关于数字4的这样一组图在图35中重新给出.这个图是由一些行和一些列的排列来定义的,其中行的长度是从上至下递减的.一【160】个这样的图叫做小于另一个,如果在比较相应的行时,它的最长且不相同的行比较短.根据这个原则,每个自然数都有唯一的一个序图.

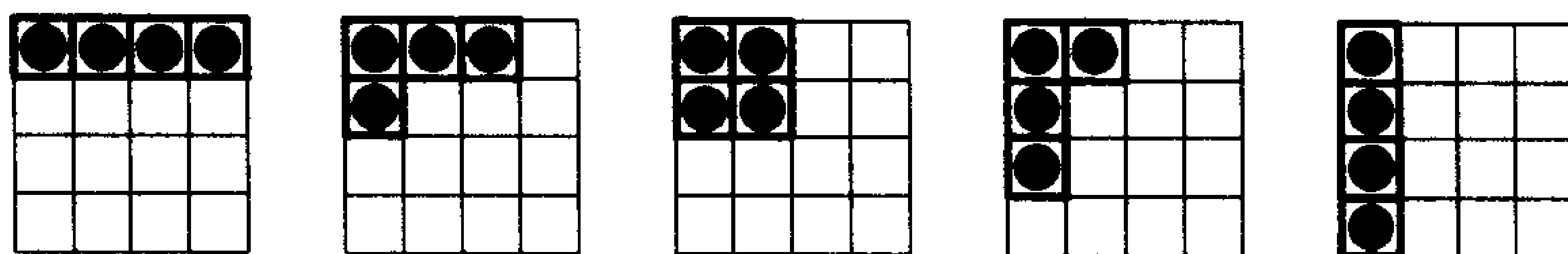


图35 数字4的杨—序.

杨—图的不等关系的另一个定义是几年前由艾恩斯特·路赫引进的.[40]在一个关于左旋问题(见第141页)的基本研究中,路赫用它对最优活动性化学的连接来进行分类.

路赫的图表在游戏板上很容易来演示. 人们先是横放一行若干个球,其个数与要分划的自然数相等.然后,把最长的一行的一个球搬到紧挨着它的下一行,并称由此得到的新"图"小于原先的图.作为唯一的条件——根据图的定义——在这里,不允许有一行比位于它上面的任意一行长.在多于5个球的情况下就出现不可比较的两个图.根据杨—序,这是一个半序集.图36所示的是n=10时的杨图和杨图的序结构.

人们也可以把路赫的数字分划作为一个"数的社会化"模型来理解.数是这样来分划的,使得较少元素的子集享用较大的费用.在这种序结构中,特别有趣的是它很快就导致不可比较的变异.换句话说,如果人们从上至下在一个大于5的数分划图结构中来移动,则会出现可选择的路线,其中在许多情况下甚至不可【161】能出现,从一条路线转换到另一路线上而不经过或多或少地绕

圈子——这是由于不可比较的关系所定义的梯度. 在不同分支中的图互相不能比较，正是因为一般说来它们不是位于相对一样的确定高度.这种分叉随着数字的增加惊人地增多.对于100这个数来说,它的路赫图已经是惊人的复杂,而对于像分子物理中相关的数量级(比如10^{20})来说,实际上复杂的就无法想像.

半序这个概念在表示物理现象所要求的要比任何一个完全序的图表更有公正性. 首先它是适合于确定复杂的人际和社会关系. 在一个社会中,"公正的序"可以通过图中不同的路线来实现.要求一个有唯一救世的概念从历史的经验来看是缺乏任何基础的.

8.3 物质的序

熵*

在我们的自然环境中，我们能立刻观察到自发的序的出现以及它的消失.然而物理似乎感兴趣的只是试图找出再生的、有规律的自然过程.尤格·威格纳对此说得非常贴切:

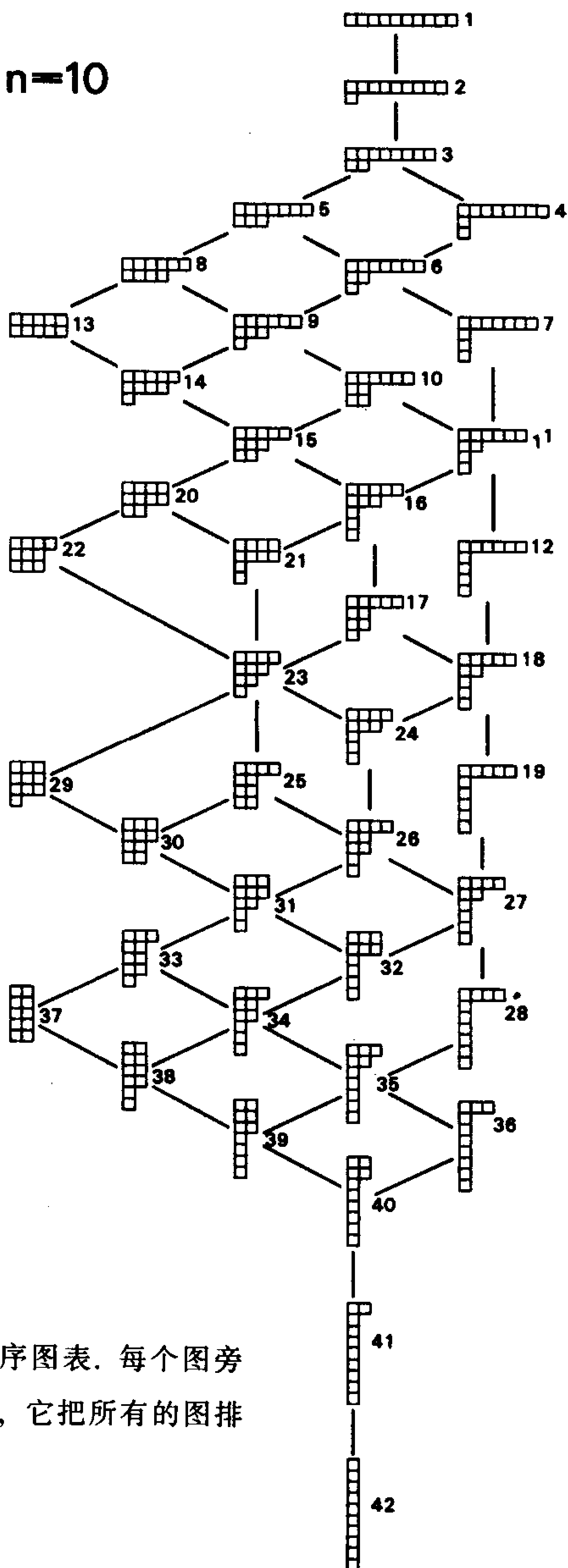
"物理没有描述自然,物理描述的是事件的规律性,而且只描述其中的规律性."**

因此，物理必须在实验和抽象思维方式方面从自然边界条件的复杂性中解放出来.这是可能的,从环境的观察系统中分离出来或者让它们的相互作用保持在严格控制的条件下. 每个实验所创造的是它的一个特别世界,就像约翰·惠森嗄关于游戏所说的:"在一定时间和空间的范围内,它反映了自身."

---

* 非常重要的，而且直观理解又难以讲清楚的熵这个概念在这一节中将会细详地解释.本节的内容与其他章节的理解没有必然的联系,然而它是要给读者一点基础来知道古典的统计中经常使用的关于熵概念的表述能力和范围.

** 英文原文是:"Physics doesn't describe nature. Physics describes regularities among events and only regularities among events." 【162】



【163】 **图36** 自然数10的路赫半序图表. 每个图旁边的数字表示的是杨定义的序，它把所有的图排成一条线.

一个封闭系统的状态是由一系列的参量,如温度、压力、体积、化学联系来体现的.对大多数的参量,我们都有一定的直觉理解. 与物理的序相联系的最重要的概念在我们的经验中都没有依靠; 这里涉及的是熵. 这个词是由沃多夫·克劳斯西斯(1865)引入的,它与希腊语的动词entrepein相反地联系在一起.熵事实上是与可逆反性——或者更精确些, 与不可逆反性——有联系的.让我们来读一下克劳斯西斯自己是怎么说的:

> "如果人们为S(熵)寻找一个代表性的名字,类似地像大写的U(内在的能量)所说的,它是物体的热含义和功能含义, 那么人们就可以说这个大写的S是物体的转化含义.但是我认为比较好的是把那些对科学有重大意义的名字从旧的语言中提取出来, 这样它就不作改变可以在所有新的语言中使用,因此我建议把大写的S根据希腊字"tropae"转化,作为物体的熵来表示.这个词"熵"我故意把它与"能"这个词写得很类似,因为这两个按照其意所命令的大写字母,在物理意义上可以很接近地互相转化以致于对我来说它们似乎在命名时有一定的相同地方."

尽管七年前熵庆祝了它100岁生日的诞生,但在物理之外和从前一样,人们还是以不肯定和尊敬交加的心情对待它.其中各【164】种学科的介绍也对此没能改变多少.与此同时的"卡路里的状态参数"、"概率测度"、"序参数"或"信息参数"导致的都是一种误解, 涉及的范围从熵意义被贬低到对它所描述范围大量的错误估计.

熵是一个量的可表述参数, 通过它不仅一个物质系统的量子状态下能量的分布, 而且一个封闭消息的信息含量也能体现出来.

我们来试一下,从历史的观点来理解,为什么引入这个概念

是必要的.对此,我们必须回到19世纪上半叶,物理学家和化学家的想像世界之中.

牛顿关于绝对空间和绝对时间的观点以及它们与力学定律的结合导致了一个自封闭并以因果关系为特征的物理宇宙观.另一方面,化学家根据大尔顿假设的新证明材料,提供了一个由一定性质支配的物质原子结构的材料. 那么现在能容易想到的不就是把牛顿的力学使用到物质的最小单位上, 以此来获得所有物质特性的统一表示吗?

当然对这样的打算有一个绝对无法解决的问题. 为了求解牛顿方程组,人们需要每个物质粒子的初始条件,即它的位置坐标和速度——一个完全是无望能解决的问题, 因为单是在一滴水中就有10^{21}个分子(这是一个10亿乘以万亿的数字).

科学中的问题并不能 (至少原则上) 简单地在世界上通过"脑猝变"来创造.但是人们可以通过——偶然的——技巧来处理它;这同样也适用于刚才说的这种情况.这就意味着探索的全部任务是所有单个过程运作的定性描述.

【165】 数理统计和概率计算的发展在18世纪或19世纪早期已成就了保险业的飞跃.人们熟知,无需具有单个情况的信息,就能对集合的整体性以期望值的形式作出相当确切的论述, 比如对中期寿命,一定事故的风险或者伤损风险.人们也知道,要更准确地接近于统计规律预料的结论,所考察的情况越多越精确越好.

物质关系的这种类似也是很明显的.性质像温度、压力等等必须以某种方式来表现个体物质粒子的中介关系而且在统计规律的辅助下能够相协调. 正是英国的詹姆斯·克拉克·麦克斯韦和奥地利的路得维锡·波兹曼始终地执行这种思法并由此引导了物理中的重要变革.他们也没有动摇物理的基础.哲学仍在自己的语言中使用因果关系.只是在20世纪,由于缺乏细节知识,一个位于物理基础中基本的测不准原理诞生了(见第36页).

这个新的统计观察方式的直接表达是一个新的状态参数的

定义，即熵，从历史上来说，它是与温度紧密相结合的.这又一次地回到了一个基于单个粒子性质的平均值. 对于理想的气体有一个非常直观和简单的意义：温度是与粒子的平均动能直接成比例的.它表示的是一个“强度”并且由此用来体现“强烈”的大小. 作为这样的参量它是与构成平均值的粒子的数量无关的.另一方面，由此可得，一定存在着一个“广泛的”参数，它与温度相互补并且反映着这个集合或者这个性质的“程度”，因为不然的话，关于全部粒子的动能的信息将是不完全的.

由此便产生了这个重要的词，这个与温度相互补的量，熵，它是一个信息参数. 它表示的是关于系统的不同的量子状态下能量的分布. 【166】

中值构造就同时意味着信息的失掉.在什么地方取中值，需要一个细节说明，表示有多少详细状态它涉及着，这就是说，取一个数字值，它表明有多少信息在中值构造中丢失了.

这里举个例子：如果一个航空公司要估计一架喷气飞机的负荷，那么它决不会把所有的乘客一个一个地放在秤上去称.在美国的国内航行中，甚至连行李的整体重量也不检查，只是简单地限制每个人的行李件数. 航空公司是以乘客的平均负荷作为假设，即一个事先已知的强度参量来计算的.关键的是乘客的数量.仅这个广度参量就包含了真正负荷的详细信息.在这里我们清楚地看到了强度和广度变量地分布. 强度参量不依赖于乘客的数量，它是一个运输货物方式的事先给定的平均值.

但是在熵的计算中，这种关系并不像上面的例子那样简单.是的，物理学家会立刻抗议，它忽略某些重要的因素.事实上，能量在个体粒子间可以互相交换的，而重量——尽管乘客可能希望苗条的空中小姐——不会改变.航空公司就这么简单地来做，好像所有的乘客都有相同的平均重量，这当然是在有足够多的乘客量时才是适合的.

熵的中值计算仍是一个困难的问题，并不能简单地通过数

物质粒子的个数来解决. 温度毕竟是在粒子的能量交换确实发生和产生热平衡时才有定义. 而这一点发生在一个封闭的系统下是要有能够保持整体能量以及整体粒子的数量为附加条件的.人们现在必须找出,一个单体分子是以怎样的方式来增加能量并将其基本粒子分成不同的运动自由度和振荡自由度——原子和分子总是把能量像“量子化”的部分“球”一样相互投扔——这样人们就必须依据能量的量子交换性, 要对所有可能的并与所给定的整体能量相容的组合来取中值. 这个平均值问题通过量子理论得到了简化, 它是形式上的不区分同类型粒子并记以相同的能量状态.但是微观状态的数量,这在统计式的玻璃球游戏中,我们是作为个体的棋盘占据来表示的,它在任何情况下与接收能量的能力状态总数相比都是极其庞大的, 它在游戏中的【167】代表者就是所有球的格子数目.

这个有点抽象的想法,我们想通过一个例子来解释,由此可得出,熵是一个很普通的统计分布参数,它的应用决不仅限于热力学问题.我们来考察一个句子,它是由一百个符号组成.我们把符号就理解为29个德语字母(这里包括Ä,ö,ü)以及一个距离符号,即一个空格,它用于界定词语.总合起来,我们使用的是30个符号.

人们可以写出多少个这样的句子,它包含100个符号?

假设我们没有关于我们的语言结构的知识, 而且也把每个可能的组合都算作是有意义的,那么正好就有:

$$30\times30\times30\times\cdots\times30=30^{100}\approx10^{148}$$

个可能的句子. 原则上这一百个位置的每一位都可以用这30个符号中的任意一个来占据. 微观状态的总数也就是说大约是10^{148}.如果我们想查出一个已知的句子在没有分类而仅仅只是猜的情况下,那么我们就得试验上大约10^{148}次.我们也可以说,第一次猜到一个已给的符号序列的概率是10^{148}分之一.

若进一步扩大句子的符号数目,再增加100个符号,则人们

就要获得$10^{148}\times10^{148}=10^{296}$个“微观状态”，这是一个数，它仅是一个集合引起的产品.在将句子长度增加一位时，微观状态的数量也就随之成为先前那个数的平方. 在原来句子的10倍长的情况下，则会上升为原先那个数的10次方幂.作为广度的熵应该代表着一个集合性质.这就是说：在集合倍增时，熵也同样的倍增.因此它不是直接与可能的组合数或微观状态的数量成比例，而是这个数的对数能正确地给出这种联系. 通过取对数将乘法的概率参数变为一个加法的集合参数：$\log(a\cdot b)=\log a+\log b$. 【168】

我们约定：

熵是通过微观状态个数的对数来定义的. 这个量首先是无维数的.在热学中，人们通过乘上一个常数——这是以统计力学的奠基人命名的Boltzmann常数 (波兹曼常数)——还能得到熵与温度的积所包含的能量维数. 人们以这样的方式把熵看作是“卡路里”的维数也是有其历史原因的.如果人们能够将温度(通过乘以波兹曼常数)与能量的维数相等，那么熵，就像它在信息记忆中相应的量一样是无维数的. 根据实用的观点——符合于计算机的决策逻辑——人们使用的是以2为底的对数并以单位“bits”等于二进制来表示.于是熵是一个二值决策数，它是辨识一个符号序列所必须的.

在能量分布中不同的量子状态有不同的值，同样在我们的语言中，在所有可能的字母组合中有一些就比其他一些出现得极为频繁.

基本上在语言中，这与两个因素有关： 【169】

- 不是所有的符号都有一个相同的α-预先概率，而且
- 不是所有与概率分布相一致的字母序列都能给出有意义的词或句子.

在我们的第一个估计中，所有完全可想到的组合被看作是

有相同的可能性,并由此作为有相同的等级加以考虑.在所有语言中,“空格”肯定是经常出现的符号.而且一个句子如果仅仅是由它来构成,即一个空行,是没有意义的——即在词的真正含义下.如果人们考察字母的(经验性的平均)频率表——在我们的语言中比如说,除了空格子外,“e”是最经常出现的符号,而“X”则是最少的字母——那么熵明显地减少, 即在德语中大约减少16%.这就是说,人在作一个字母系统的猜算,不需要$\log_2 30=4.9$而是以中值仅仅需要4.1二进制决策(bits)*.其可能的组合(微观状态)由10^{148}减少到大约10^{124},即总是减少10^{24}这样一个因子——这是一个万亿乘以万亿的数字.

人们可以通过小球游戏很容易地演示熵降低的效应.这里,使用一个尽可能大的棋板,给每一个格子对应一个字母,其中有些字母相应于它经常被使用, 当然多次地出现. 现在人们来试验,由投骰子投出的格子上相应字母来构成有意义的词,那么这是很容易实现的, 如果人们从这样的现实字母分布出发而不是从一个均匀的字母分布出发. 我们将在本书的最后一部分关于信息和语言的讨论中再次回到这样的例子(见图63).

【170】 对于熵的降低来说, 第二个所说的影响要比不同符号的不相同形式的考虑强得多,它是涉及字母的组合意义.

克劳德·香农,这位信息论的奠基人,建议做一个游戏来从经验上理解这种现象.

一个游戏者自己想出一个句子. 对手应该把这个句子一个字一个字地猜出来. 他提的问题也只能用是或者不是来回答.提问题的个数记录下来, 以后要和人们完全无规则地提问题的个

---

* 对于猜中一个由32个同值类构成的符号,正好5个二进决策是必需的($2^5=32$).为了确保到达这个决策数,当然人们必须系统地来进行.最好是人们将每个符号——就像计算机做的一样——用一个5位二进制数码 (如01001)来表示并按照这个序列来搜索一遍.

数相比较，就是说要和在没有这个语言知识的情况下所需提问题的个数比较.从这个实验中可以计算出来，对于一个均匀的且无规律的字母分布所需要的二进数大约每个字母是4.9(用英语的话是4.76)，如果在有语言知识、结构知识和过剩信息的情况下，这个二进数会降低多少个单位呢？一个由香农对100个课文范例进行分析的结果表明，熵下降了50%至70%及以每个符号减少了2.3至3.3二进数单位.这里要注意的是作为信息专业的大学生来参加游戏的人是知道字母的频率分布、平均词长和句子结构的.当然人们所选出的是完全不知道的课文.因此，考察一个词或句子的开始有很大的不确定性，而组成一个句子或者词都不需要费多大的劲.

在这里已经很清楚，不同的微观状态有着完全不同的统计比重.大多数的字序列从一开始就不需考虑，因为他们没有意义，这在量子状态下能量的分布中也不例外.对每个单体，量子水准下的占有存在着——就像对每个符号序列——一个特征的概率.在我们的例子里是一个由100个位子构成的句子，每个位子是由30个同值的、任意分布的符号中的任意一个来占据，这个概率对每个有可能的组合平均为10^{148}分子之一.在考察一个已知的语言中有意义句子的范围时，它对许多字母组合来说等于零，而对另一些相应的概率要大于10^{148}分之一.为了我们可以比较相互不同的句子，这个概率就必须"规范化"，这就是说，要按"份额"来计算.换句话说，所有可能的组合的概率之和要等于1.熵表示的是这个概率的(负)对数的中值.*

波兹曼以及香农关于熵的表达式今天在许多方面——遗憾【171】

* 这里要注意的是一个小于1的数的对数是一个负数 $\left(-\log_{10}\frac{1}{10^{148}}=+148\right)$ 人们得到中值是先给每个对数项乘以各自的部分概率，然后再把所有得到的项加起来.

的是不加分析的——得到应用. 我们希望能够清楚地给人们说明，一个有意义地使用只能是在中值具有一定的说服力的情况下，这在分子系统中能量分布为不同的量子水平时无疑是适合的.在这里对个体的分布并不感兴趣.化学家比如说想知道,有多少热在一个已给的温度下通过一个技术过程能释放出来. 同样在一个保密消息的破译中熵的知识也是有用的.

在每个具体情况下,人们都需要认真地检查,是不是构造的中值把正好是主要的东西丢掉了.根据第163页所示的路赫分划图可得到比熵的中值更加详细的关于分布的结论. 它们提供了在更多考虑细节意义下推广统计理论的一些新的可能性.

在所谓的信息美学中使用熵的概念，我们持非常怀疑的态度.我们的批评不是反对利用信息理论来研究美学中的问题,而是反对那些中值方法的实用化，在那里主要信息完全是从细节中来发现的.

【172】 在美学中信息概念的使用一般说来是类比的论述.比如,当不同音乐节目的“独创性”被互相联系在一起时,就像阿巴哈麦·莫勒斯所试图做过的一样,那么在中值计算时也得使用规范的概率.否则要做比较就不可能.能引起哪些混乱呢?当人们在一个集合分划中,这种规范性并不是很清楚.我们在这里想以一个小故事*的形式来解释,它也许能使读者从读这一章的疲劳中轻松一下.

阿里巴巴有4个儿子.当他去世时,留下了39个骆驼,生前他留下规定,他的遗产按照如下的规则分给四个儿子.老大获得其中的一半,老二获得四分之一,老三得到八分之一而老小获得财产的十分之一.

面对他父亲的遗产,四个兄弟现在束手无策.一直到一

* 这是按卡尔·买宁格尔所著的《阿里巴巴和他的39个骆驼》,1964年,哥廷根,改编的短篇故事.

个陌生人骑着骆驼来到他们面前.

陌生人立刻明白了该怎么办.

他把自己的骆驼放在这39只骆驼里，然后再来分这些骆驼：老大拿走20个，老二拿走了10个，老三得到5个，而老四得到了4个，还剩下一个骆驼.陌生人领走了这个骆驼——因为这是他自己的——然后骑着远走了.

四个兄弟口惊目呆地望着陌生人离去，这时老大第一个开始计算，是不是他得到的就是父亲财产的一半.显然20个是比39的一半多.这就是说，肯定有一个由于他自己多得而得的少了.但是每个人都算了一算，结果发现，每人得到的好处都要多.于是他们决定，去寻找一个智者给他们来解释这个奇迹.

智者给他们计算着，依据所使用的比例在分配39时总有一个剩余下来

$$39-39\left(\frac{1}{2}+\frac{1}{4}+\frac{1}{8}+\frac{1}{10}\right)=\frac{39}{40},$$

因为父亲说过，他的整个遗产必须都分了，因此相同的分法也应当用于剩下的部分.这样他们最终就得到了正确的结果. 【173】

这里允许说一下，这四个兄弟一定也不明白几何序列和它们收敛的意义.但是他们极大地相信这位智者和他的数学才能，并且相信所有的计算都是正确的.

当然这位智者要是还给这四个兄弟再说一下，四个分数$\frac{1}{2}$，$\frac{1}{4}$，$\frac{1}{8}$与$\frac{1}{10}$的和并不等于1，并且他们能够通过把因子之和规范化就能立刻解决无剩余分配问题.也就是说人们只需要把每个部分用这些分数的和来除一下即可$\left(\text{即用}\frac{40}{39}\text{去乘}\right)$.

(顺便说一下，用数字关系可以发现任意多的这样故事——

只要备用的骆驼能足够多就行了).

平衡

沃道夫·克劳斯西斯在他的关于熵的经典工作中是用这样的话来结尾的:

"宇宙的能量是不变的,

宇宙的熵趋于极大."

今天,人们对这样的表达有些持保留态度.约翰·阿其巴尔特·威勒关于宇宙秩序的态度是用这样的话来总结的:"我们可以相信,当我们认识到了宇宙是多么的奇特时,我们才能理解它是多么地简单."*

热力学将不是一个充满惊奇、逻辑上是自封闭的思维大楼,如果它没有了关于宇宙的各种猜测. 这种说服力的强大之处正是基于它涉及的是有界限的系统. 其初始和边界条件能够再生【174】地被控制.因此,它是一门科学,它可以在实验室的研究系统下进行,而不必去与宇宙相关联.作为这样一些例子,首先可提的是已划分出来的无生命世界系统以及有生世界系统.

克劳斯西斯关于宇宙熵和能量的关系所作的两句论述构成了热力学的基本公理,如果人们把它们应用到封闭系统的话.

第一句话描述的是一个不变量,或者守恒原理,表现的是其中一个基本的——曾经常在这本书中省略了的——对称关系.

相反第二句话表述的是自然过程运行中的不对称性.是的,它保留了这个唯一的基本自然原理,它把时间的优先方向性确定了下来.这个听起来好像是矛盾的.因为在力学规则中——包括相对论和量子力学——没有指出时间的方向(见第135页),那么怎么会在熵中,它的计算要基于力学的定律,似乎是一个不对称性? 难道在其方向上不能确定的力学过程的反射所实现的不也是熵的变化中符号的互变吗?但这个又将与热力学的第二个句子相矛盾.

---

* Wir können davon ausgelen,……

这种与第二个句子的统计力学解释相对抗，自从这个理论的诞生就产生了.它先是由波兹曼的同时代人和老乡朱塞夫·卢施米特所排除的，这情况的解释首先是对于生物领域中哪些力量对序起作用具有重大的意义.

第二句话说的是，一个封闭系统的熵必须增长，直到达到平衡. 这个内部的熵生成——这是在系统内运行过程中单位时间产生的熵——是正的并在平衡状态下才变为零. 这个结论对于不封闭的——即与周围有热交换的——系统在常温下也是成立的.在这种情况下，重要的是人们把内部的熵生成和与热交换相联系的熵流相区别.平衡状态本身就是一个稳定状态，它只能通过物理的变化才能被解除.内部的波动总会使局部的(微观的)熵发生减少，但这个根据第二个句子总会自动的平衡.这样一些平衡状态的典型情形，包括微观波动关系，在“埃仁拜斯特游戏”(见第52页)的模型中都能得到实现. 【175】

平衡的本质人们可以直观地解释.一个天平秤就是一个平衡，如果两边所负担的相同.钟表的摆来摇去是要趋于平衡位置.平衡表示着力量的平衡，“权力的平衡”.在力学中，在热力学中，也像在政治生活中，阿土尔·施欧喷号尔对此有如下精辟的描述[44]：

> 一群豪猪在一个冰冷的冬天相互紧紧地拥挤在一起，这样通过传递互相身体的热量以致于不被冻僵. 然而很快它们都感觉到了对方的刺，这又使它们互相分开.当什么时候由于取热的需要而再次聚拥在一起时，它们就第二次重复着这个不舒服的事情，在它们身体之间相互来回晃动，直到各自找到一个合适的距离，从而使它们能够相互忍受下去.——因此，群体的需要就趋使着人类从自身内部的空虚和单调中摆脱出来而走到一起来，但是他们许多相矛盾的特点和不能容忍的缺点又将他们分开. 相互保持中等距离这个最终所发现的就是人们可以互相共容的东西：那就是

礼貌和优良的风俗.那些不守这个距离的人,在英国,人们就会对他们说:"保持你的距离!"虽然相互取暖这种需要不能完全被满足,但是针刺的疼痛却可以避免."

一个在力作用下的系统,它会一直变化直到达到平衡.这就是说,直到——位于中值——没有力作用时为止.这种稳定了的状态并不需要"冻僵".尽管这样,在组成部分之间还会有不断的【176】和可逆转的能量(或物质)交换.同样,一个负荷相同的天平秤,它一上一下地摇动,直到完全平衡.是的,天平的秤盘能让人精确地放上东西,只要秤的指针还是晃动的.

平衡在天平这个例子中是一种真正的平衡性,它是独立的,与我们是否补给系统能量,以及由此是否要产生摇动都无关.平衡情形的对称,记录的是摇晃运动中的对称.天平秤杆从平静状态抬起就意味着天平获得了一个势能,它是与偏移的平方成比例的,这就是说,是与偏移的方向无关的.在依赖于系统的振荡中不断地将势能转化为动能(或反过来),其中整个能量(不考虑磨擦损耗)是不变的常数.动能也同样是与当时的速度的平方成比例的.两个部分能量的这种平方关系就是平衡状态下对称的直接表现.

当然,随着时间的流逝——因为不可避免地磨擦——摇动会慢慢地停下来.在系统的热绝缘中相关摇荡的整个能量作为热能在天平物质的原子基本粒子的无关联运动中将会再次发现.

让我们来简短地讨论一下这个特殊的能量形式.在一个封闭的没有任何形式的热交换绝缘系统中,内在能量是常数.平衡在这里也是意味着能量在所有可支配的量子能级上的均匀分布.系统的状态是由热力学的参数如温度、熵、压力、体积、(相对的)化学的群体关系等等来体现的.这些基本的、经常的、局部的和与时间有关的振荡——与天平的平衡模型相对立——在一个由外部诱发干扰的情况下,它们也不会成为一个真正周期的运

动. 由于不断的能量交换和冲量交换发生在所有的分子或者原 【177】子粒子之间,从而不会产生一个大范围的相关加速度.这是拉尔斯·昂沙格[45]首先给出的一般表述原理的推论.

但是还有一个位于这两个所提及的平衡类型之间的一个平行情况,它停泊于对称关系之中.朱塞夫·麦克斯纳[46]在关于热力学的一篇基本论文中把在平衡附近的均差过程——人们称它为放松作用过程——以一个类似的方式提到了引人注意的地位:内部的能量和熵——如在天平一例中——是作为“偏移参量”的平方形式来表现的.在这里,这是热力学变量与其平衡值间一个小小的偏差.

特别直观的是这种关系通过“埃仁拜斯特模型”(见表格3)能加以说明.平衡表明球类别的均匀分布.比如在一个8×8的棋板上有32个黑色的和32个白色的球.作为“扰乱参量”那就是球的个数与其期望值的每个偏差.就像在图6中所看的那样,人们自己也可以来检验,与期望值的偏离的概率分布按照高斯正态曲线在平衡点的附近与平方相关而表现了出来.这个也体现着熵的改变,其中表明相关于平衡点又有系统的对称性.

熵与平衡值整体上仅可能的偏差有一个负号.熵在平衡复原时——按哪个方向进行无关紧要——只是增加.因此,在平衡的周围,过去和将来不再由熵的关系能区分开来.我们有一个时间意识,这是基于这样的事实,我们生存的宇宙范围是远离平衡的.这就是说,平衡还远没有向前发生多少.因此,这个世界——按佛里德里希·洪特的说法——还“相对年轻”.

第53页所描述的游戏说明,只有真正的时间上的不对称归 【178】结为球分布的初始条件,而不是由于定律,即游戏的规则.第二个主定理的统计表述包含着在一个分布中每个定义了的相关性随时间的流逝必须消失.平衡状态,像在球分布中用特殊坐标来记录一样,是通过实现可能性中最大的来体现的.一个固定的(即坐标是固定的)具有相同多的黑白球的排列就像其中一种是

极端化的不对称分布一样是不大可能的. 比如全都是黑色球或全都是白色球.

这个表述与卢施米特的时间逆反问题毫无矛盾. 一个时间的逆反就意味着一个经历了的过去到未知的将来的一个投影, 它实现的是瞬间相关关系的确定, 这种关系同样像每个其他定义了的关联一样必须流散. 伊里亚·普利勾什尼[48]给熵有一个统计的表述,这个表述详细地考虑到了熵的细节关系,并且强调的是熵的真正特性作为一个信息参量——即作为我们关于现实知识的度量. 时间逆转在一个不平衡状态中按照普利勾什尼的意义,也保持着一个熵的(负)跳跃,紧接着是一个均衡,这是由过去到将来的投射关系作为目前信息散失 (即在瞬间的时间逆转中固定下来的关联)反映了出来.

人们今天可以把这个非常困难的过程在实验中来摸拟.与宇称问题(见第138页)相联系,我们已经提到过通过外部放置的磁场来影响原子旋转体的可能性.我们来想一下,一群这样的一些陀螺, 它们有能够互相交换能量的本领, 在能量平衡出现之后, 人们可以谈及陀螺温度和旋转温度. 通过外部磁场的处【179】理——即通过使用“外部”手段——可以来模拟一个类似的时间逆转.因为旋转温度平衡的出现需要一定的时间,人们可以把一个在时间逆转的瞬间直接发生的过程的反射波记录下来. 这样一些实验的结果, 比如像约翰·S·乌夫和其同事们所从事的实验,完全与统计理论所期望的相吻合.

我们是用沃多夫·克劳斯西斯的话揭开了关于热力学平衡的讨论的.按照目前的观点,又是如何来评价的呢?

能量定律, 如果人们把它在相对论意义下推广并把质量与能量的等价包括在内,它是物理的基本公理,其正确性根据已知的经验是不被怀疑的. 熵定律, 在应用到我们身临的现实世界中,可以猜测,我们的研究还处于一个早期的发展阶段,即相距平衡还甚远.同样,我们本身的时间意识,是变化的并扎根在我

们大脑的细胞的生活节奏中，它在第二主定理所要求的不可逆转性中有其根源.

那些由熵定律对一个很远的时间世界推得的结论，完全脱离了我们的知识.未来是一片漆黑,是的,人们可以说,是夜晚的天空. 说它是夜晚那么黑，是因为所有我们从太阳那里得到的光——除了那些由月亮和几个星球微弱反射的光外——都必须走直线到达我们这里.它不能由宇宙来反射,宇宙还不处于放射平衡.这种现象物理学家已从事了很长时间的研究;它在宇宙的扩散中有其原因,它与光有相同的速度并与光的扩散有关.

同样只要能源没有耗尽，在太阳系中也没有热力学的平衡.我们自己可能从没认识到去放弃不可逆性,因为未出现的平衡之不对称性正好是所有生命存在的基本前提.这个不对称性的消失就意味着整个宇宙的“热死亡”,从而导致所有生命的死亡.

那么在此之后又出现什么呢? 【180】

无时间性?

或者时间逆转,与宇宙的相反阶段相关联?

这些问题都远远超过了我们知识的范围.

8.4 生 存 的 序

被征服的魔力

在我们这个世界的现实中,反映更多的是有序而不是无序.热力学的第二规律常被如此列出来,好像它的作用是趋于有序.这是——以这个形式叙述的——不正确的. 在我们生存空间的存在条件下,热力学的平衡全都是一个高级有序的状态,即不仅是在肯定的物质整体关系的确定这个意义下，而且还涉及它们的空间位置的确定. 卡尔·佛里得里希·冯·威茨克[50]对此作过如下描述:“造成热死亡的原因不是由于一个肌肉而是由于许多骨骼的死亡.”

在我们的环境保护中,我们处处都遇到秩序.这是由于我们星球的温度——以此可与爱尔文·薛定锷[51]来交谈——位于绝对零点“附近”.根据太阳的温度在其表面达到4 000K至7 000K*之间,而它内部的温度甚至高达17百万个K—21百万个K,到达地球上的温度大约是300个K,相比之下地球上的温度正好体现的是在“绝对零点附近”.

序和平衡的产生完全是与熵定律的要求相一致的,这就是说,与一个不断的正的“内部”熵生成的需求是一致的.这个或者涉及的是在互相作用中局部化了的能量损耗或者是通过相应的热流动得以保持.其他自发产生序的可能性在一个封闭系统中是不存在的.对此就必须有一个“魔力”在起作用.

【181】 人们多次试图借助“神魔”来弄清楚熵的本质.利昂·贝努英把这样一些想法的结果特别清楚地综述在一起.它们大概可以表述如下:即便是神魔也要有为实现它们的工作所必须的物质代谢,并且与此相联系的熵生成能将熵平衡中的每个亏损给以弥补.

我们想在这里更进一步地来描述这些神魔,他们用自己的“发现”对于弄清某些悖论——大概是因为人们没有严肃地思考过——是必要的.这样我们就直接来到了生物序问题的附近.

1.*麦克斯韦神魔*:詹姆斯·克拉克·麦克斯韦1871年在其关于热学的理论中写到:“……有一种生物,它具有非常好的功能,能够跟踪其行程中的任何分子而且能做我们目前无法做的事情.……”这种生物可以在将盒子分为两半的一个隔墙上用作闸门.每次,当一个从右半盒子出来的快速分子飞向隔墙时,这个神魔就快速打开闸门,让其通过,而它对慢腾腾的分子都是小心谨慎地将门锁好.对于左边,他的作法刚好相反,他只允许慢分子进入到右半盒子并击退

* K=开耳芬绝对温度.

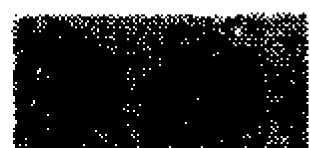
快分子.以这种方式,使快分子聚集在左边,而慢分子相反地聚在右边.在左边的温度高,而右边的温度低. 【182】

当然人们可以建造一部机器,它能容易地完成这一项任务:先把一种气体压缩且在与周围环境进行了热交换之后引入到另一个绝热容器,在这里它膨胀起来.因为压缩部分产生的热已被散掉,现在在绝热体容器中只有冷却.重要的是没有微观机制,它能把慢分子和快分子分开并以这种方式在一个封闭系统中用均匀的温度分布自发地产生一个梯度. 要这样只能通过外部手段,即一个机器的帮助,才有可能实现,机器需要消耗能量.(每个有冰箱的人都知道,"冷却卡路里"要比"加热卡路里"来得贵.)

2.*卢施米特神魔*:我们想像一个精灵,他负责的是时间闸门, 突然他用这个闸门把时间的方向逆转而且以前的所有过程都投影到将来. 我们在前一节把时间逆转的后果已经作了详细讨论.

伊利亚·普利勾什尼证明,与此相连的信息获取由一个熵的飞跃同时被产生并以此为"代价".这就是说,这个神魔由第二主定理给"束缚"住了.就像在第179页所述的磁-波动实验所证明的一样,再一次可以构成一部机器,在它的协助下,人们——当然是在昂贵的能量消耗下——可以来模拟时间逆转的效应.

3.*蒙诺特神魔*:在其著作《偶然和必然》中,杰克·蒙诺特写道:"第二主定理所表述的只是一个统计的论述, 当然没有排除在一个很小的变化范围和一个很短的时间内一个任意的宏观系统沿着熵的梯度下降,这就是说,不管如何,在时间上是会倒退的. 在生物中正好就是那些细微变化和瞬间变化,它们在被复制机体接收并再造以后,通过筛选而



被固定下来.这种选择式的进化是建立在对那些少有的、昂
【183】 贵的干扰选择之基础上的，这些干扰包括着众多其他同等的具有很大随机性的可广泛选择的候选者. 它们在这种意义下就像一个机器,人们借此可以走回时间."

在另一处蒙诺特又说,他是怎样来想像这部"机器"的:"其实酶的发酵正好就像麦克斯韦神魔按照策拉德和贝努英所指正的那样:酶在其过程中吸取化学势能,而这些过程确定了一个程序,而其产出的就是酶."

普利勾什尼[48]坚决反对关于熵波动的这样一个(假定的)"整流器",因为一个这样的形式,从统计力学平衡过程中所承接下来的推证方式是不能移植到远离平衡的情形的:"生命是远不像麦克斯韦神魔军队的工厂，它的出现是遵循物理规律所适合的特殊热力学的模式和远不相等的条件."我们假设,蒙诺特——就像在他之前的麦克斯韦和卢施米特——知道这样的事实,即这种方式的"魔"力以微观形式在平衡系统中不能起作用,不然他就不会谈论一个"机器".但是绝不是酶,它大概根据其结构来体现着一个(微观的)波动整流器.在平衡状态下,酶也能完全可逆地工作.

一个相应的不平衡情形的分析表明，根据物理规律在远离平衡状态下,波动自发的和连续的整流,像人们把它作为一个神力(意思是一个微观的机器)要求的那样,是不可能的.根据能量流的宏观稳定,有序排列必须也在这里出现,类似地,就像前面
【184】 所提到的两个效应的机械模拟.

为了明确细节,我们来考虑一下系统,它还远不是平衡的.对此我们不设想有一个温度平衡的出现,这一般说来,是在百万分之一到万亿分之一的时间内就能发生，这要比一个化学变化快得多.化学转化过程是一个有限的容易测量速度的进程.只要系统没有处于平衡状态,那么力量就起作用,且越来越弱,要过

渡到平衡状态,其中(远离平衡的)一些"绕道"是完全容许的.现在人们可以通过不断加入新鲜的反应物以及通过连续的隔离反应生成物来阻止系统达到平衡. 是的, 人们在此可做这样的规定,使得在容器中反应物和反应生成物的数量关系不变.看起来好像这个系统是处于平衡, 因为相互的数量关系是稳定的而且不随时间的推移而变化.为了区别真正的平衡,在这里有熵的不断生成.当然也出现统计的波动,我们应该研究的是这个对平稳状态的稳定性有什么影响.

一个这样的分析已在第4章借助于统计球游戏作了详细讨论. 基本上区分为三种可能性: 所考察的平稳参考状态是稳定的——就像在真正的平衡状态下总是那种情况——或它是随偶的,这就是说,总体数量关系不是常数,而是不断地变化着,或者情况是不稳定的. 在这种情况下波动在振荡——它实现的是一个与参考状态充分偏离——直到一个宏观的维数, 使它导致一个参考状态的整体崩溃.仅有稳定状态是有一些前提条件的,它们也是适合平衡的(见第178页).当然一个主要的附加条件不满足: 静止状态是由一个不断上升速度和下降速度的抵消产生的——比如自催化作用的形式和运输分离——而不是由一个真正的逆转性,即两种过程的互相转化性.因此,平衡中最重要的 [185] 一个对称性的一些前提条件就不成立, 它们是使每个步骤有一个绝对的微观逆转性的前提.

稳定性与不稳定性可以用议会中的不信任投票和其后果作为例子来清楚地解释. 要么一个政府依据投票的结果取得成功继续留任,这样在议会的构成中就没有什么或有很少的改变,这就是说,情况将是"稳定"的;要么反对派使得得到多数的票数减少,这样议会就得解散来构成新的议会,而议会作为民主机构的功能不依此而变,尽管它的结构,即构成的成份可能有很大的变化.(尽管结构上整体溃散, 但功能的保持是进化过程中的本质特征.相反在一个革命的情况下,首先是把这个系统砸破,然后

再建立一个新的，但没有保证是否这个系统以后确实具有运作功能.在进化过程中刚好相反,已知的一个结构的整体溃散只有在一个新的结构有更高的功能效果时才有可能,这就是说,在其构成的成份变得不稳定之前，它的“优越性”必须“先得到证明.”)

为了区别刚才所描述的,宏观显示出来的变化还有一个“随机”关系作为第三种可能性(见第45页).一个慢慢的漂移,它相应于纯粹是偶然的在时间上的“后退”,将会仅通过第42页所描述的策略S_0的使用就能实现.据说,蒙诺特见过这样的情形,他曾写道：

> “人们是正确地理解我的,当我说,生物作为一个类不是根据基本原理能预知的,那么我并不是在建议,它们不能由这些原理来解释,也没有建议,它们能够超越自己或者其他的(单个的或唯有的)可使用原理必须被优先看待.依我看来,生物圈就正好像原子构图一样的不可能预见,我们手中的卵石不就是由这样一些的原子构成的吗？对于一个泛理论而言将不会有人提出质疑说，这个理论没有指出和事先预见这个特殊的原子构图的存在性.对我们来说,只要这个摆在我们面前，独特的现实物体与这个理论相融合就足够了.依据这个理论,这个物体不一定存在,但允许它存在.如果我们讨论的是卵石,这就足够了.但若是我们自身,这就是不够的.我们想知道,我们是必需的,我们的存在是不可避免的，并且自有时间以来就已是决定了的. 所有的宗教,几乎所有的哲学以及一些部分的科学都是从不疲倦的、英勇的人类本能中产生的,不否认自身的偶然性.”

【186】

达尔文:原理还是主义?

以选择和进化为基本过程的动力学研究表明，蒙诺特所强

调的,完全无法控制的偶然情形在进化中不存在.蒙多特所说的“振荡整流器”表示的是一个规律性支配的、从而也是宏观起作用的条件;其中基本事件的偶然性是通过数学表达和宏观作用的自然规则来操控的.这里涉及的是选择例子(见第69页)中所描述的原理,它决定的是一个状态的稳定性或者不稳定性.这正是自然规律,就像热力学中的所有定律.是的,它是在固定的边界条件下推出来的.在进化中,一般说来不稳定性不是突然的大量出现,这只是因为非平稳的边界条件允许一些适合的物种有一定的增长.

人们认为的事实,“有生自然界组成的整体音乐会仅是由于有干扰着的噪音形成的”,并不与进化的规律性相对立.在由著名的热力学规律支配的平衡中,每个单一的状态正是产生于“干扰着的噪音”;不同之处正是在于固定的统计机制(见“埃仁拜斯特游戏和选择游戏),作为一个范畴——不是相对立的在个体的构型中——卵石就像有生命的细胞,有规律性地被确定着. 【187】

当然——关于这一点还将作详细的讨论——偶然性在进化的历史事件中具有自己特殊的局部性价值.变化的源泉就是突变.它每次都产生于一个与赋值机能无关的一系列事件.(对此蒙诺特在他的著作中运用比较法进行了确切描述.)因此,就像选择过程一样,突变的作用是在规律性地控制下持续和运作的,这样一来,一方面,偶然性——由于选择作用下的宏观图像——就决定了事件的历史,即时间的唯一顺序.与此相关的,让我们再次回顾一下欧尤格·威格纳的话,根据他的话,物理学从事的是自然现象的规律性,而不是它多少有点随机的初始条件和边界条件.

选择和进化现象不仅作为在定义了的环境条件下规律性运作的过程来描述,而且也能在实验中再进行和验证.如果人们用有代表性的和相关的系统做这样的实验,那么模型和现实间的关系就会直接产生出来.重要的是去发现有代表性的试验物品和把偶然性和原则相区分.我们必须从大自然中来学习是哪些

原因使得一些物种在历史的进程中得以选出. 西尼·布兰纳曾用这样的话来形容:"它们全是机械制造, 分子的机械制造艺术."

在制造机器时, 只有功能, 而不是结构形式是事先确定了的. 解释分子生物学的主要动机正好就在于发现这些以功能为基础的物理规律. 对此首先必须是实验地建造那些或多或少随机性的分子结构和形式.

【188】

达尔文的原理, 所有生命过程都是在宇宙中唯一的一次特殊形式中产生的,今天对我们来说是一个由热力学定律导出的,可由数学来表述的原理. 但作为这样一个原理——就像热力学的定律——只能在有限制的和明确定义了的前提和边界条件下才有严格的有效性,不能排除的是,在那些边界条件不是明确定义的地方,它也作出自然现象进程中相关的结论.

达尔文本人也把自己的原理作为一个经验定律来理解并把它直接用于表达历史现实.大约经过了一百年,才发现他的超前思想和他同时代人克劳斯西酉、波兹曼、麦克斯韦和格博斯的定量分析之间的基本关系.佛朗索·雅可比把这种相对应的思想在他杰出的著作《生存者的逻辑》中做了表达[53].波兹曼是一个达尔文的忠实崇尚者:"人们把这个世纪命名为达尔文世纪,"他是出名的对自己不作赞扬的谦虚.

达尔文主义过时了! 这大概不是因为他的反对者即活力论者,最终是正确的.一个可以追溯到物理学基础原理的自然规律不应该作为一个"主义"来表示.在那些前提条件被满足的地方,它是一条定律并且没有什么可以取代它; 而在它的条件不成立的地方,它可以作为一条无效的定律而提出来.佛朗西斯·克里克把达尔文原理作为"确实性基础"定位在物理学的定律中.它是所有生物自身组织的基础, 从单基因的进化到中枢神经系统的记忆功能都离不开它.

我们把生命现象归结为物理和化学的规律, 这并不是否认

有机组织这个新领域仅仅表现的是自身非常典型和有特性的形式，是的，物质组织最终也会产生非物质的作用.对我们来说，这 【189】个领域似乎还有许许多多的谜. 然而这都是由于缺乏细节性的知识，而不是与物理中的已知规律相矛盾.仅仅光是发现矛盾，也将会表明一个新的、特殊的生命现象物理学的诞生.

创造还是发现？

哥廷根的物理学家罗伯特·威夏特·保尔在他解释事件真情的讲座中经常说："对此人们是惊奇不已的".他的意思大概不是说，一个正做的实验成功了，事实上，人们感到惊奇的是怎么用这样简单的方式就能把一个复杂的情况表现出来. 令人印象深刻的是，他的这句话是在所有的事似乎都清楚地解释了之后，当人们正要相信，不必再去好奇之时说出来的.

难道这个"好奇"不正是所有知识的源泉吗？首先由于我们感到惊讶，再加上无可奈何地面对着说不清的事情，好奇心和求知欲产生，我们越是在这个充满神密的黑洞中钻得越深，获得的事实也将越多.在我们把它作为一个知识接受之后，我们就开始确定、比较和协调，以便最终来理解这个超序的联系.难道这种必然的做法不就意味着好奇的结束吗？我们生活中的所有好奇不也是以这种方式一下子消失的吗？

英国的神经生理学家海尔伯特·詹姆斯·坎贝尔在他的著作《兴奋的领域》中记述了人们在过去的十年里所获得的在较高级生物中枢神经系统中所有关于兴奋和痛疼位置以及关于它们支配行为作用的有关知识.德语译出的题目是《精神之错误》(Der Irrtum mit der seele)似乎在说，所有"好奇"都结束了.在感觉领域，神经生理研究令人兴奋的结果并不是说这种神奇由此不存在了并且人们已掌握了它. 这些相互联系的认识依然不能回答由莱布尼茨提出的问题："为什么就是这么一点，而不是什么都 【190】没有？"

本章的中心议题是有生命的东西"神奇"的序.当然它不完

全是时-空中序的意思——尽管生命是在空间的框架中,在时间的节奏中出现的——重要的是在结构、信息和独特性的意思下.已知每个单体的蛋白分子就表示着一个“奇异性”;它是由一个无法看得清楚的有类似结构和连续的复杂组合体,其中相同的基本构件常以变形了的组合和排列顺序系统地安置在一起.假如人们想把所有可能的蛋白结构,每个只取一个拷贝,都表示出来,那么他所面对的是一堆庞大的东西,即使你用最密集的方法装进宇宙也没有办法将它们装完.蛋白结构在整个地球的历史上所出现的那一部分,事实上是很小的一部分,跟没有一样,以致人们把有效酶分子的存在看作是一个奇迹.

人类总是在试着,把“奇迹”很快地编排起来.人们给它们加上形容词,并以此来示意它们在人类的认识世界中的地位:

无概念的——上帝——宗教

规律性的——物质——辩证

随机性的——虚无——存在主义

这种组合绝不是一成不变的.概念也可以用另外的方式容易地相互联系在一起的:

> 上帝和自然规律:“我相信斯宾诺沙上帝,他将所有存在的东西协和在一起,而不认为是一个能操控人类的命运和行为的上帝”.*

> 或者:

> 虚无和辩证:“我们在这一点上是一致的,即不存在人【191】性的自然;换句话说,每个时代的发展都是遵循辩证的规律

* 阿尔伯特·爱因斯坦在回答纽约的阿比·H.S.歌得斯坦的电报提问“您相信上帝吗?”时说的话.

的，人是与自己所处的时代有关的，而不是与人的自然性相关”.*

杰克·蒙诺特反对——我们认为是对的———切企图以人类为宇宙中心的生命现象之学说，根据他的意见，这就像是大多数人的世界观和宗教相一致一样.他看到的是在泛灵论——“感觉意识就是那些使人类由强大的有效作用方式而产生的中枢神经系统并投射到无感知的自然所形成的东西”——下，平坦道路上每个客观意识的暴行.

但是这条道路离充满着绝对的、黑糊糊的偶然性咒语[52]是不远的，诸如：

> “纯粹的偶然，也只有纯粹的偶然和绝对的、摸不清的自由是作为进化奇迹这个大厦之基础……”

以及每次所尝试的优化组合[57]：

> “根据热力学的计算可证明，仅仅偶然性是不能解释进化中的选择的.”

像这样的一些企图，往往也许很成功，事实上，它能把蒙诺特的概念破坏掉，即“由客观的科学知识“来推断生命和社会存在的必要性. 难道这不又是一个试图把人类有关的存在意识观要从物质关系中引导出来，一个新的人本主义吗？奥图·佛里德里希·布洛诺夫把这种学说与人类相互联系，作了如下的描述：

---

* 选自让·保罗·沙特叶关于他的文集《存在主义是人文主义吗》的讨论. 【192】

“如果人们试一试把人类的存在哲学中的基本规律作一些字眼上的修改，那么人们就能确定，在人类社会中有一个最后的、最内在的、可哲学特性化的概念能作为表示存在的核心，这个核心基本上脱离了任何一个遗留下来的形式，因为它只是在瞬间能够实现，但同时也在瞬间又消失.在存在这个层次上来说，这个断言就意味着，基本上不存在生命过程的连续性，从而也没有保留瞬间所曾达到的，更没有什么连续地进展，而只是个别的飞跃且它的发生也只是由于瞬间的整体力量，而之后又是降回到非自身的平淡状态下，因此在以后的瞬间也许有一个新的飞跃又会产生.”

我们试图把偶然和必然的“轻重”问题从每个意识的极端化中来解决，从它们导出的答案中来期望对它们的论点作合乎自然规律的校正.

首先要考虑的是两种观点：

1. 由第二个主要定理以及它在“开放”的不平衡系统的特殊应用中所得出的序关系只能统计地来解释. 这种序关系涉及的主要是半序，也叫偏序(集合论意义下的)，在偏序集中可以含有不可比较的元素.

2. 可能的状态数目是非常大的，它在我们的宇宙空间和时间范围里是无法“实现”的.

从这些已知情况可以断定，尽管如此，规律性仍能以“序关系”的形式来建立——就像：“封闭系统的熵会增加，只要该系统不是在平衡状态下，”或者：“一个有界的生存空间的选择值(比如在进化反应器中)会趋于最优化，并能与当时的环境条件相适应”——但是，由此所确定的序关系必须是由一个有巨大数目的个体结构变量来体现.因为所有可能的选择数量是非常之大，使

得每个真正的历史性顺序在我们有限的现实中必须有一个“个体”的唯一性.因此,这个定律就完全规定了某种东西在一个确定的方向上产生,而不是以它的个体那样出现. 【193】

正好就是这种关系由我们的统计球游戏可以表示出来.当然,它也没能使我们更容易介绍现实复杂度的概念.

仅仅只有历史条件下的唯一性,这就是蒙诺特关于“绝对和摸不清的偶然性”的观点.在这里这种独特性是绝对的,因为突变的发生及其赋值是在不同的层次进行的,这就把两种历史事件中每个唯一可能的因果链排除了.尽管如此,这还是一个以规则来操控的进程.“允许”的途径的数目,它可能是相当的庞大,但与总和相比时,还是相对很小的.由选择值所强迫的方向意味着一个对分支所组成的可能性的极大限制.如果偶然性在这里没有驯服,那么规则性在这里就是一种控制.我们人类也同样是这种规则的产物,就像历史的偶然性一样,这就是说既不是其中的这个,也不是其中的那个.

现在人们也许会提出异议,偶然性的限制在量上不是充分的大,不足以根据生命存在的历史事实来建立一个原理上的可能事件,使得在地球(或宇宙)的空间和时间范围内以一个有限的期望值真正的出现.蒙诺特对此说道:“我们的彩票号码来自于彩票游戏.当我们买了彩票后感觉不同往常,这难道值得惊讶吗?——就像某人在彩票中幸运的得到了百万亿马克一样?”

对此,我们必须持相反的看法:

头奖一开始是不会出现的;而只不过是有某一次能抽中奖.

在这里唯一起作用的是彩票箱中总体彩票的多少——与空签彩票的比例——和有奖彩票的相对关系.正好就是选择和进化的规律性,它把空签的数量限制着,它根据竞争方式使得多数空签“远离票箱”.每次幸运中奖都意味着继续“玩下去”,即在一个新的“中奖层次”上.如此以来,最终一个引人注目的进化奖就产生了.人类也是这样的. 【194】

在分子生物学中,占统治地位的决不是重要原始事件出现

概率大小的一致性.像这样的一些问题,最后将用实验就能回答.这并不是说,人们在实验室来尝试模仿进化.这从一开始就是毫无希望的.而重要的是来建立这样的实验,它能回答自然界中一个个体的选出问题. 在以后的章节中对此还将认识一系列的例子.只有借助于建立一个理论,才能把获得的每个答案总结成为一个共同的结论, 其中人们也会学到哪些过程是可能的和哪些从一开始就被排除了.但是,一连串的历史事件也决不会以这种途径来详细地重新构造.

作为迄今进化实验所有的主要结果(见第13,15章),我们发现,在生物大分子的层次上,有一大堆表现型的表示方式,即不仅在功能结构、蛋白质中,而且还在立法式的构筑设计,即核基酸中都有许多的表示方式.在每个有充分多的"de novo"合成大分子中总存在这样一些变异者,它们在种群内最适应于周围环境,从而可再生的被选中.由此可得出一个结论,物质的自我组织能力至今还没有充分地认识到.发生了"一点"要比什么都"没有"发生更为可能一些.这个事实给"必然性"赋予了一个重大的意义,从而进化这个事实是确定的和不可避免的.当然,个体的实现途径因此也更不确定——因为在进化中它只是许许多多可能性中的一种.

这难道不能使我们想起统计中平衡状态的情况吗? 平衡规律性成立的主要条件之一就是"遍历性",它是说,随着时间的流失,每个微观状态,即每个统计分布的细小状态(任意的邻近区域)都能够重新产生.在对重新产生的一个有最小固定分布状态【195】而必须的时间作计算时——物理学家称此时间为(庞加莱)回归时间——却发现,这个时间一般说来要比宇宙的年龄还要大,比100亿年还要多.波兹曼计算了要想再生不超过10埃(Å)的所有原子的位置坐标以及在一个一立方厘米的稀释气体 (大约三十分之一个大气压力)中来再现一个不超过平均值0.2%的速度所需要的时间就已比$10^{10^{19}}$年还要多.

另一个例子就是出现错序时,整个晶体的个体不同特征.在

图22所示的雪花晶体之所以互不相同是因为在瞬间的结晶过程中,水分子有极不相同的结合可能性.一片雪花要由10^{18}个以上的水分子组成. 如果仅仅是十亿分之一的分子在晶体中是错序排列的,那么就会出现大于十亿的错位,这样人们在10^{18}个格子中就有$10^{10\,000\,000\,000}$倍的不同方式来分配这些错位.

这个例子说明, 一个平衡状态的每个微观的表现形式在细节上是一次性的.这个个体的"历史"唯一性并不与宏观规律性相矛盾.

同样,思想的进化和社会系统的演变也有它的自身规律性,就像它们具有自己的个体自由性一样也有"历史的"自由性.如果我们只想从客观知识来导出一个伦理学, 那就应该既不援引"辩证唯物"所预先指出的宇宙进程,也不引用偶然存在这种意识.

如果我们谈论物质的"自身组织",我们的意思并不是指物质的一个先天辩证的能力, 对此——如果有的话——它的早期辩护者却一点感知都没有.真正能够认知的,就像杰出的马克思主义哲学和理论学家们如马克·拉非尔[60]在这方面有很好研究的,他们大概承认,存在于物质中的"意识"在初始阶段"发展的非常少",但是"它已经具有必须的反映能力",或者像马克思主义物理学家努力宣称的是物质自身运动基础上的"内部矛盾". [196]

我们理解——为了明确地表述——物质的"自身组织"就是在严格保持已给的边界条件下由所定义的互相作用和结合导致特殊物质形式的能力,使自身复制的结构再产生.这是作为进化和社会体系形成的必要条件,但绝不是"充分的",由此也引出了一定的历史进程的无关性. 这样就出现了一个以唯物辩证的先验性教条作为特性的内在解释, 这种特性只有在完全特殊的条件下通过叠加和复合,才能获得更高级的组织层次.

然而,沙特叶也是以"泛灵论"意义来解释物质的,他是这么说的[56]:

“客观世界仅仅是不幸事件的诱因，没有什么预兆，基本上是同效果的、持续的机遇复合，换句话说，正好是马克思的唯物主义所说的反面.”

太少的“客观知识”对于一种社会必然性理论的建立是不够的，它对于虚无主义的存在理论也是没有多大意义的.上帝存在的自然科学证明是非常的少，同样也很少假设，人们不需要“信仰上帝”.一种伦理学说——只要它涉及客观和经验知识——就应该更注重遵循人性的需要而不是物质的关系.同样，我们也不认为一种伦理的秩序是绝对的. 它总是有不同的方面并且不能与它的历史根源简单地分割开来.

互补性是由尼尔斯·玻尔清楚地定义过了：在量子力学中.这就叫做波或微粒，它在实验中是唯一地完全由问题的提法来【197】决定的.物理学在这个分叉处没有被分裂开来，但在生物学就没法进一步思考下去. 生命既不是创造出来的，也不是发现出来的，它不是两者的任何一个，因为它是这两者所共同的.

那么我们究竟想如何提出对客观知识伦理学的绝对有效性的要求呢?不管我们是不是要把“物质存在的规律性”或者把“人的自我意识为中心”放在首要地位，为了实现“公正”的人类秩序，不仅需要客观的——往往是不完备的——知识，而且还需要【198】一个建立在希望，仁慈和友爱基础上的人道主义.

第三部分:游戏的界限和人类的界限

"一个小小的环层,
它界定着我们的生命,
众多的种属,
为了自身的生存和安宁,
不断地挤排成无穷的链绳".

约翰·沃尔夫刚·歌德
《人类的界限》

第9章 物理学家的寓言

【201】

我们在以后的章节中，要讨论的问题起先以为已经结束了，因为人们目睹了可能发生的最糟的转变.在1974年，一群美国生物学家在他们的科学史上第一次决定推迟某些实验的实施.

“在我们的研究领域我们走到了可认知的边缘.我们知道几个确切掌握的定律，几个不清楚的事件间的基本关系，这就是我们所了解到的所有东西，而剩下的一大部分仍是一个谜，我们无法了解.我们已经走到了自己所要走的路的终点.但是，人类的路还很遥远.我们进行过自我的斗争，但没有人跟随我们，我们处于一个空旷的空间之中.我们的科学变得可怕，我们的研究变得危险，我们的知识面临死亡.对于我们这些物理学家而言，在现实面前，只有投降了.现实对我们来说，它依然不是一个成年者.我们必须撤回我们的知识.”

莫比乌斯，让那个佛里得里希·多仁玛特[61]在其“喜剧”物理学家中说出这段话，是要劝说与他同感痛苦的克尔顿和艾斯勒——这两位自称是牛顿和爱因斯坦——仍旧留在那个疯人院里.这三位物理学家是想以这种方式来“撤回”他们所知道的知识，并以此来说明任何一种势力对这些知识的滥用都与他们毫

无关系.然而他们的决定是无用的.这种试图逃脱的想法正好就是在这个疯人院里形成的.历史接收了“可能发生的最坏变化”:物理学家的所有知识都落在一个叫辛迪加的人手中,他打算“统治所有的国家,征服整个陆地,并掠夺太阳系”.

“任何一种个人的尝试,仅仅在表面上是为了自己,而实际上与所有的人却有关系,都应该加以阻止.”

莫比乌斯,克尔顿和艾斯勒——nomen est omen——他们都生活在我们中间,不仅仅只是作为物理学家.对于他们中的一个,认为禁止可能是唯一的出路,而另一个则认为自由高于一切,他准备为自己辩护——不管怎么样,也要先做完这件事.第三个人,则热衷于一种意识形态.代表这种意识形态的政党,则对他表示了充分的保证,不会有任何一种可能去滥用他的知识.

《物理学家》这部剧作已在全世界范围内演出.时至今日,既没有出现“可能发生的最坏变化”,也没有出现“最好的可能转变”.

多仁玛特的格言,人们今天也可能把它写进了生物学家的家族史里.事实上,我们可以想像一个疯人院——或者更好点,【202】一个精神病医院——其中有一个基因学家,一个生物化学家和一个病毒学家.他们可以做细胞转换,基因移植,治疗遗传疾病,而且他们也会人工培育出猴子(动物猴子).但是他们决定,不再工作,而只做些辅助性工作和一般治疗并将他们的知识保密起来.他们认为以此可以来排除任何一种滥用他们的知识.

就这样将知识保密起来?难道多仁玛特的喜剧就不会是在一个诊所发生,或者在一个研究所,或者世界上的任何地方发生?

“生物学的内容与生物学家有关,其影响涉及的是整个人【203】类.涉及所有人的事只有大家一起行动才能解决.”*

---

* 译自多仁玛特的“给物理学家的21点建议”.[61]

第10章　关于自动模仿再生机和智力机器人

分子生物学今天能为"生命的基本粒子"的分离、特性化和修正提供一个高度发达的仪器设备. 借助这些设备使得进化的游戏规则应用到"人为"的系统上成为一种可能. 约翰·冯·诺尹曼自动模仿机的想法在这个层次上得到了首先实现. 模仿学习过程的自催化机制也给基于进化游戏的"智能自动机"的发展带来了前景.人类在这里为自己开辟了许多可能的机会,使自身充分地生活得舒适,但同样也会被很容易地滥用而造成灾难.

【205】

10.1　"人　工"生　命?

人们将来能人工繁殖生命吗?

如果生命是按照物理和化学的规律出现的, 则这是一个合乎情理的必然问题.对它的回答,我们不能简单地满足于"科幻"文学的提示.

基本上有两个不同的难点涉及到对这个问题的回答: 即有这么一个区别,是否"人工"制造的生物,也就是说按照非自然的途径来制造,或更甚者创造"人工生物"——机器人,它们只是在行为上,而不是在身世、结构和形体上与自然的生物相同? 而且进一步的是:我们所说的生物是非常一般的,还是指某种意义下的某些生物——如人类?

什么是生命?

在其他地方[14]我们也讨论过这个概念的含义并且特别指出，是有可能来确定从无生命到有生命的转化中一个必须的、绝对必要的条件，但是，完整的描述这个概念而不去考虑特殊的生物——至少在生命阶段的某些层次上——将是毫无意义的.生命这个字符包含着一个复杂现象的多样性，也正是这种多样性我们才把它看作是一个本质的标志.

以此作为背景上的限制，我们想提出两个结论：

1. 每个生物可由它自然的遗传物质“人工的”，即以不同于自然途径的方式重新再造，并且

2. 决不允许由人手“de novo”制造的、具有自然生物各种特征的生物存在，尽管只在物质和结构上与自然的有一些本质的区别.

【206】

第一条结论是说，去精确地认识细胞结构的构造机制是必要的，由此可使人们具有一种能力来任意繁殖由细胞决定着的个体遗传信息——其中也许要做些有目的改变——然后再转化为现实“生命”的结构.

这样，今天就不能排除人们通过移植一个男性或女性捐献者的体细胞中的双倍体核到“无核”的卵细胞中，来得到一个无性繁殖，或由此生产出任意多的遗传恒等个体.用这种方式，由一个单体分子按“人工”的途径实现的生物与自然生成的同类几乎是没有区别的.

多么可怕的想像，如果我们想到人类自身的话.我们感到自己是处在一个恐怖影片的世界里.巩特·斯登特在其文章《分子生物学和形而上学》中作了这样的表述：“也许是很有诱惑力的，去让玛丽琳·梦露作为一个女邻居；但是，如果在一个城市里到处可以遇到成千上万与她相同的复制品，这将必是一场恶梦.”[63]

然而这样的想法(还)是属于“科幻”的领域.今天在基因移

植和基因处理方面的问题非常多地涉及到现实.

10.2 遗 传 工 程

遗传信息,这个生物的结构图,在染色体方面它是以一个分子的排码形式记录下来的, 这种排码对于人类来说就像是一个设备相当好的私人图书馆. 基因移植中的主要问题就是把一个确定的细节信息在这个庞大的排列中找到并进行对换. 单个基因的相对排列、即基因图,好像分子语言中的句法和语义——将在第15章还要指出——今天进一步得到了认识. 基因移植的困难之处首先是技术上的原因,是“工程”上的.这个过程完全可与器官移植以及与之相关的棘手问题相比较;不同之处就是,在这里人们是在分子的层次上操作并且相应地需要一套微小的仪器设备. 【207】

这样一来, 似乎分子生物学家首先面对的是一个无望的情况——如果大自然不提供帮助的话.

人类不需要去“发明”一个基因移植,仅仅只需要去“发现”它. 这个整套的“分子”仪器已经存在,“只”需要从自然界的有机体中分离出来.

首先“手术”集中在三个工作程序上:

1. 有目的的从捐献者(献出人)染色体中,同时也可能会从接受者(接受人)染色体中截取基因的部分序列以及一个整体基因序列.

2. 移植物的包装和这些物质运入接受组织.

3. 这些物质的无缝对接, 即它与接受者染色体的融合(或共栖).

所有这些问题,不仅在“原理”上,而且在具体细节上都已解决了.

对于手术1和3来说，具有特别意义的是一种酶.这是在许多年前，由日内瓦大学的维纳·阿伯以及哈佛大学的马塞·麦赛森以及他的同事们发现的. 今天人们已经知道了许多这样特性的"限制酶"，在它们的帮助下，人们可以将基因物质在一个确定的方式下分割开来.但是，这种酶真正的应用是在美国的几位研究者——首先是赫尔伯特·波叶尔，斯坦勒·科恩和马塞·麦赛森——认识了它的作用机制之后才开始的.

这种限制酶能把自己的切面接在基因的核酸双带的一个确【208】定——能体现该酶的——位置. 这个位置是由遗传排码（见图37）的6个字符构成的回文式序列组成.对称序列是几年前由瓦尔特·格伯特在复制基因初始信号中发现的.尽管人们对于辨识机制自身还不是很清楚，但是使用回文序列似乎是一个一般的原则，在其帮助下，遗传排码的特殊辨识通过蛋白质的操作就可以标记出来.

限制酶的作用方式主要是核酸双带的出现形式（见图37）.所生成的断片含有绝好的单带端点，即所谓的"粘结点".之所以这样称呼它们，是因为它们具有一种趋势，能与相补的端点——在那里出现的话——接合，迅速形成相应的酶，即所谓的联合体，并与它们相融合.

这个原理也是很明显的：限制酶把捐献者的基因物质和接受者的基因物质在有特定标记的相同位置处割开来. 如果人们把捐献者分离出来的这一块接合到接受者上面，那么这两个亲合力的端点就会自动相互吻合. 因为遗传分子学需要使用四个不同的"字符"，所以人们可以想像——这要根据对称识辨区域的长度——一个多位数的不同亲合力辨识符号. 分子生物学上利用限制酶使得对染色体的分割有许多仪器可以使用.

甚至连输送问题也已经解决了. 很久以前——首先是在1953年由西舒阿·赖得贝格发现的——人们就认识了所谓的原【209】生质，它是小小的基因物质团，能在细菌细胞（和其他细胞）中占

有一个自治区域，但也可以与其细胞核相统一并把它的信息在染色体组中结合成一个整体. 这种粒子对于像细胞转换和细胞聚合具有重要意义.在转换中,一个细胞不可逆转地被改变了；一个熟知的例子是把一个正常的细胞转送到一个恶性癌细胞中.在细胞聚合中是把来自不同捐献者的细胞基因物质(比如来自家鼠和野鼠的)合成为一个具有功能性的杂交种.

这种原生质,人们现在用于基因移植,利用限制酶将捐献基因与它相合成并在其帮助下,接合到接受者的细胞上(见图38).在自然界,原生质所完成的是一个完全类似的任务.它担负的任务比如说，就是让细菌随时间的增加变成具有抵抗性质的抗生素,像阿斯匹林.就其本身来说,细菌染色体组缺乏这种变通性,通过与原生质的共栖,就可以完全实现这种变通性,这些原生质就附有相应的性质并将其传递给细菌染色体组. 以这种方式成为抵抗母体有选择的繁增.

按照这种认知发展起来的技术,其应用是易见的.这里无疑对于癌问题的解决具有关键之处.人们也会想到去治疗遗传病,比如先天弱智者、苯酮尿病,——或者制造新的食品来源,如“不含”细胞的蛋白质.这样,人们完全可以想像,通过组合不同形式的原始材料的基因物质由进化实验来制造出完美的新形生物.我们在此不是注重“科幻的猴子”而是更多地想到“蛋白工厂”或者其他一些有用的应用.我们的幻想也许不足以把这个“未来”描绘出来.

当我们要把自己的知识转化为应用的时刻，我们所面对的不再是善与恶的世界. 在这里只有——在多仁玛特意义下——历史的“最糟方式的”转化和“最好方式”的转化. 【210】

如果基因技术能治疗疾病,谁愿意拒绝这种治疗呢？

另一方面，人们必须排除各种危险的后果并阻止每个可能想到的滥用.这是一个与大家都有关的问题.如果人们不能预见一种实验的后果,那么总是会有危险的.在这里仅仅只是禁止用

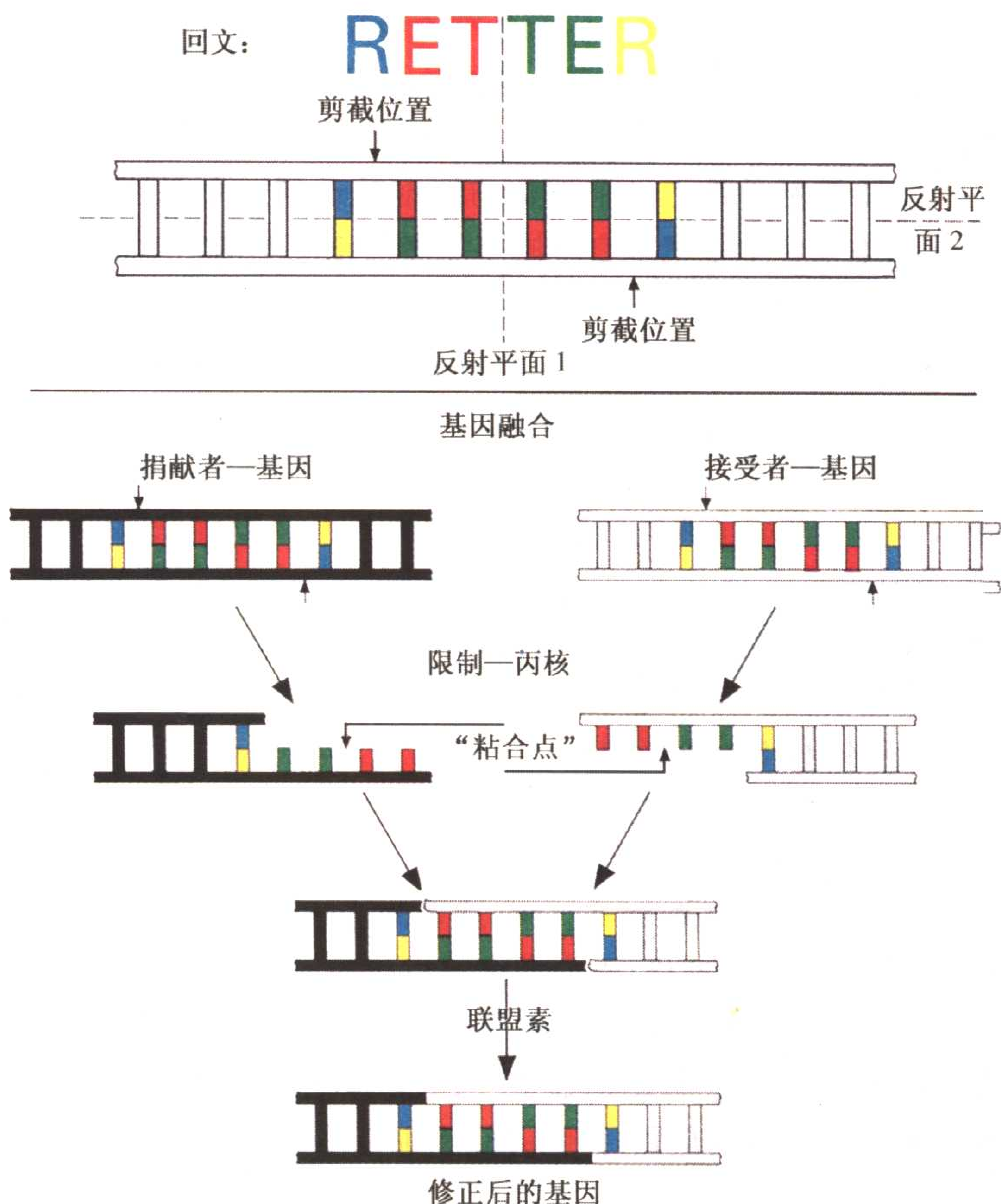


图37 基因移植中限制酶的作用方式.图的上部是两个回文的例子,它们相接在一起,其中的一个是来自我们的语言,另一个来自核基酸语言.在它的下面是基因移植中每个反应的步骤说明.限制酶能辨识遗传排码中回文式的对称.于是它以一个精确的长度切开这两个带子,在此就出现了上下都是一半的一些端点.因为这个过程是唯一确定的,所以所有以这种方式被酶割开的DNS-带子——即接受者和捐献者——就会相互吻合在一起.这种能使互补的接合端点相吻合在一起的酶人们称它为联盟素.

【211】

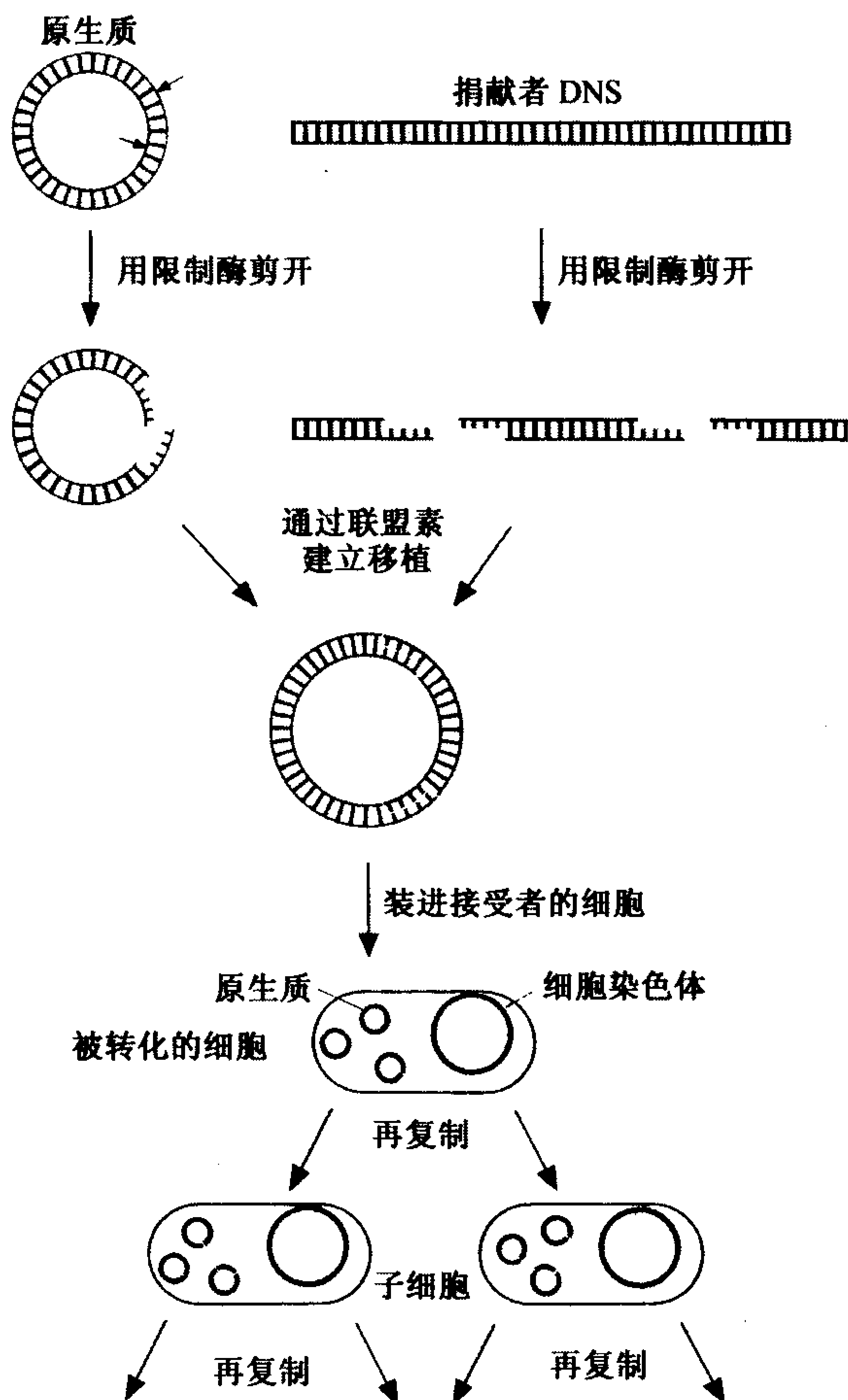


图38　基因移植中的传输机能[64].原生质与细胞“共栖”生存，它们就像遗传物质（细胞核以及与核等同的东西）一样在分裂的过程中同时产生.一个细胞，当它进入到这个“共栖”地之后，人们就把它叫做是传输的（往往是这样的，原生质信息与核组合在一起）.在限制酶的帮助下，依据图37所示的原理，原生质就作为移植基因的传输工具来使用的.　【212】

人类来作实验还是不够的.在所有“允许”的实验中必须排除对人类及她的环境有损害的影响.在我们的自然环境中,也存在发病机理,但它一般说来是在人类的控制之下.——究其原因正是人类用它作实验的结果. 重要的是要阻止通过遗传工程出现的对其影响还不完全清楚的新发病机理,也许,对这些新发病机理我们不作任何保护将它们来回传递.

值得注意的是,一些美国的生物学家在保罗·贝尔格的倡议下进行了一场公开的讨论[65],对基因移植领域的研究和公众关心问题的解答作了一些推迟,或者像英国议会已作出了一个决定,强调了可能的危险性以及避免这些危险的方针[66].在这里——与容易看见的政治辩论没有多大关系——涉及的是客观、理智和责任感.

但是,也必须确保公众社会能知道“最好的知识和准确性”.许多问题的评价需要一个可靠的了解, 这一点是不能通过公民表决就可决定的.

【213】 为了消除疾病、饥饿和贫穷,人类分子生物的知识只能是一个深受欢迎的东西. 但是它的危险性也必须时刻认识到.谁想制止任何滥用,就不应该排斥认识这些知识,不应该把这些领域留给那些想滥用的人. 在研究的时候, 可能会做一些推迟,其间来弄清楚某些问题.这也许是必要的,假如它对排除冒险性有用的话.相反,绝对禁止是知识的使用,那些滥用,而不是认识.

从乐园里出来的人们被逼着从“智慧之树里去吸收营养”,新的认知树立起了新的伦理和道德.

10.3 智能自动机

我们曾说,将不会有“人工生物”,其思维的完美性可与人类的相比较,这是不是明显地与科学发现和发明相矛盾呢?是不是这样的结论总是还没有表达完就已经过时了呢?

在与“从不会”这类字打交道时,可要小心!人们应该“从不”使用这些词! 当然,这一点对于“所有”这个词也是同样适用的.我们同样也可能很少从我们的经验得出这样一个结论,即我们将有一天会知道“一切”或者也会做“一切”.恰恰相反——随着不断增加的知识,我们的能力的有限性也就明显地暴露出来了.这一点,首先在实践上是显而易见的.

在哥廷根物理研究所的报告大厅里有一个大写的令人印象深刻的句子:

Simplex Sigillum Veri!

现实的抽象只能是“简单”的:即原理.现实自身在我们的意识中是以其非常复杂的多种形式出现的. 对于它的掌握和征服我们是有边界的,这个界限常常会改变并且对我们来说就像宇宙的膨胀边缘那样无法接近. [214]

自古以来究竟有多少问题在原理上是解决了的呢! 热力学从大约一百年才成为一个自身封闭的学科. 但是若以天气预报来为例的话,情况又怎么样呢?问题的症结正好就在于具体细节之中!

我们这一代将获得进一步了解我们器官的功能作用方式之间复杂联系的知识. 但这并不足以使一个大脑也能在一张纸上详细地仿造出来.

关于真正“有生命”的结构之复杂性,我们就无能力来建立一个合适的概念,它超出了我们的想像世界.天文的度也不足以将它直观化.比如说,当一个单体大肠杆菌细胞的遗传构图的码文由大约四百万个符号组成时,那么这就意味着为了制造它,就必须从大约$10^{2\ 400\ 000}$(这是在1的后面添上24 000 000个零)个可能的选择中来做一个挑选.这种码文当然很少以“大概”的形式出现,就像文学中,名著大概很少仅仅通过字母的混合就能产生

一样.

我们的大脑是一个由大约100亿个神经细胞组成的网络,而每个细胞又与相邻的细胞大约有一万至十万个特殊的接触.在这样一种复杂状况之后还有一个等级构造原理,为了揭示这个谜,世界各地都在如痴如狂地工作着.

1936年英国数学家阿伦·图灵(A.Turing)提出了可广泛思维自动机的可行性问题,这种机器不仅能按照指令算出已给函数的值,而且自身还能找出一般的计算程序,所谓的算法,并且将这些程序存储起来作为新的运算的出发点,这样,也就应该把每个"可计算"的函数在有限步之后能推导出来.

这样一个机器的关键之处当然是这个存储器,所谓的"图灵-板块".在它上面所有的计算规则都写了下来,不管是起初的程序还是机器处理过的算法. 这个图灵板块也就表示了一个实际上是极有限的计算带.机器本身只执行四种运算:在带子上,向右以及向左运动,超过一个空着的工作区后停下来.所有的"智

【215】 能"都集中在指令上,它出现在工作区中.即使我们现在使用的计算机,用它我们计算已知函数的值,其所有的智能也是在于人的头脑编出来的程序上,即所谓的"软件".

数学中的创造能力不是由于纯粹的应用,而是在于新方法的直觉发现. 一旦认识到这个作为普遍而成立的东西并将其以逻辑程序编排起来,那么它的实现就是一个必然的、规范的过程,而像这样一些过程在机器上来做是最好不过的了.我们人类的思维器官是以玩耍好奇和富有幻想的组合乐趣为动机的,用它去从事一个单调的工作只能获得很少的乐趣.

这样也就不感到奇怪了,为什么图灵—自动机首先是一个抽象的想法,因为它的实现首先需要我们自己有序地"思考一遍".数学家首先是被这样一种机器之存在所需要的基本条件所吸引,像有限步以后函数的可计算性,在给定的变化区域函数值的可数性或者问题的可判别性 (这是一个涉及使用有限次的算

法后所考察的对象是否能够判断达到原来目的的问题).因为在数理逻辑中,存在着有影响的不可判断问题和不可判断计算,图灵机器也就有一个原则上的限制——注意:限制是反映在一个有限的(不完备的)思维机制上.在实现图灵机器这方面迈出重要一步的是约翰·冯·诺伊曼的“可再生的自动机”的想法.这里首先涉及的只是一个抽象的——数学上严格表述的——思维模型,但它是以一系列的前提为基础的,这些前提条件对于有生机体的自我组织来说已经知道是必然的.

每个机器都有一个自由能量的消耗——它消耗电流或由一个燃料机来驱动——一句话,没有这种新陈代谢,它们就不能工作.冯·诺伊曼自动机的一个特殊功能是它的自我再生.20世纪50 【216】 年代的第一个模型完全是可行地设计出来了:这部机器被运到一个大的备用房里并把用于仿制的必要原件和它安置在一起.最重要的是这部机器能把它的构造程序,即“蓝色文本”再行复制,它的后生者当然也同样具有自我再生的能力.这样也就解释了冯·诺伊曼自动机完善的可能性——由理论学家其间作了长时间的探索——:通过选择性的程序变化,实现了达尔文进化意义下不断的完善和扩大应用领域.

冯·诺伊曼成功地——在他的同事斯坦尼洛夫·乌拉姆的工作基础上——对自己的论证做了重大的精确化和推广.在例子中所描述的思维实验就是以一个均匀的细胞分割空间为基础的.每个细胞——我们把它想像为游戏板上的格子——是由一个有限数目的状态来对应的,例如,空格,已占,或由一个特殊的颜色占据着.同时对每个细胞也定义了一个“周边关系”,它与四个正交的相邻细胞或者与总体为8个(正交的和对角的)周边的细胞有关联.对每个位于如此定义的空间里的细胞,然后再同步使用互变规则(transition rule),对于单体细胞的互变的实现依赖于其自身以及它的相邻细胞.冯·诺伊曼可以证明,一个由大约200 000个细胞,其中每个细胞有29个不同的状态变化以及由

四个格子构成的相邻关系，组成的位形就包含了一个自我再生自动机所要求的所有计算. 大量数目的元素首先导致了这个模型同时也能模拟一个图灵机器. 这样的自动机原则上可以完成任何一个所希望的计算.

细胞自动机的抽象想法可以用一个例子非常直观地描述. 英国数学家约翰·豪顿·康威对此进行过思考并给出了 “生命游戏”这个名字.借助于此,有生机体总量的上升、下降和变化也可以模拟.【217】

表格 10 康威的游戏“生命”

人们用一个有尽可能多格子的游戏平面.没有必要进行坐标定位.两个不同颜色的球应该有足够的多(要能使一个以某一格为中心的方框能容易形成相邻关系的“位置”).在我们现在讨论的例子中,位于相邻的四个正交格子以及四个对角的格子都算作是相邻的.

游戏的进程分阶段进行, 一个阶段可以看作是一代人. 在每一代人期间,规则将是对所有格子同时使用,这些规则确定了是否该格子要被腾空或者继续占用.在康威—游戏中,只有两种选择:一个格子要么空着,要么放着一个球.

这些规则是:

1. 继续生存:由一个球占着的格子能存活到下一代,只有当它的两个或者三个相邻的格子被占据着.这个球依然留在其原来的位置上.

2. 死亡:一个球从它所在的格子上去掉,假如它的相邻有多于三个或者少于两个球占据着.在第一种情况下,这个系统是人口过密,在第二种情况下,这个个体是很孤立的.

3. 出生: 一个空格子能而且只能在它正好有三个相邻的格子放有球时,才添上一个新球而被占据.

每个格子(一个棋子)在一代人之间分别相应于它的状态(空着或者被占着),依照能使用的规则来进行转变.由于这样的原因,为明了起见,建议

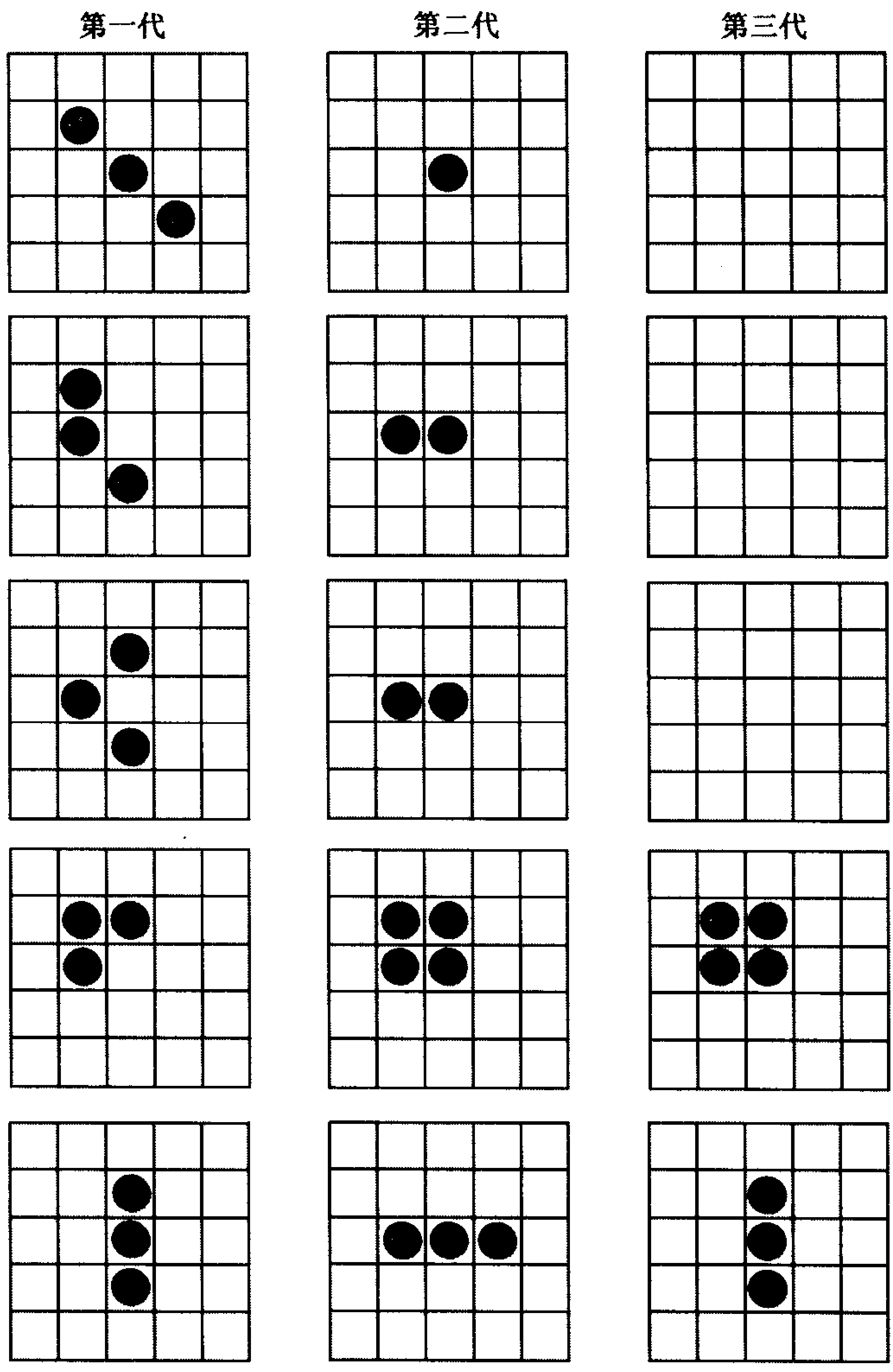


图39 康威的"生命游戏"中几个组成图形的命运.前三组在第二代就已绝后了.第四组的三个图形在第二代时就成为一个稳定块,而第五组——称为交通信号——还在动荡着.

【218】

使用两种颜色的球.首先检查一下空格子并放上第二种颜色(白色)的球,如果第二个规则的条件满足的话，此后——这里涉及的总是相同一代的人——来处理这些由黑色球占据的格子并按规则1或规则2来变化.当然此时,那些由白色球占领着的格子像从前一样看作是空格子.一旦在一代人间整个变动都完成了,再将白色的球换成黑色的球.这样,这个“生命阶段”就算完成了,人们可以过渡到下一代人,然后再次重复所说的运作方法.

只要有一个游戏参加者(或者几个游戏者)下出了一个任意多(大约六至十个)球围成的图形,那么游戏就一直进行下去.这毕竟是唯一的可能性,它使该游戏人能影响对手的进程.所有进一步的着法都要按照规则的标准【219】来进行.

如果人们想将此游戏作为一个比赛来进行，那么每个参加者每次都必须把一个自己的棋子放在棋盘上属于自己的那一半上.开始时的棋子应该是一样多的.作为评判应该有:1.多少代的数目,即每个游戏者用自己的棋子所达到的最多代数,2.所有代的球的个数之和.最后把这两个和乘起来.

人们首先会猜测,康威是有意地来选择这些规则的.但事实绝不是这样的.这个游戏过程不仅是现实的并且描述了孤立,合作和稠密等等,而且由此出发还能给出尽可能有趣的例子.这就是说,群体的命运不是很容易地从开始情况就能看出来.由于这样的原因,一方面就必然会出现一个图形,它无限制地增长,而另一方面也应该有一些,它们又能很快绝灭.

图39表示了几个三重图(三图组)的典型命运.几代人序列在时间上的连续是以空间上的并立在这里来表现的，这种表示的方式我们会经常地使用.前三个三图组是不稳定的,在第二代之后就灭绝了，第四组过渡为一个稳定块，第五组甚至开始了——以两代人为周期的——波动.

在图40中,显示了一种模型,它经过了10代以后就出现了三图组,也存在一个周期变化的结构,其形式在许多代之后又回到

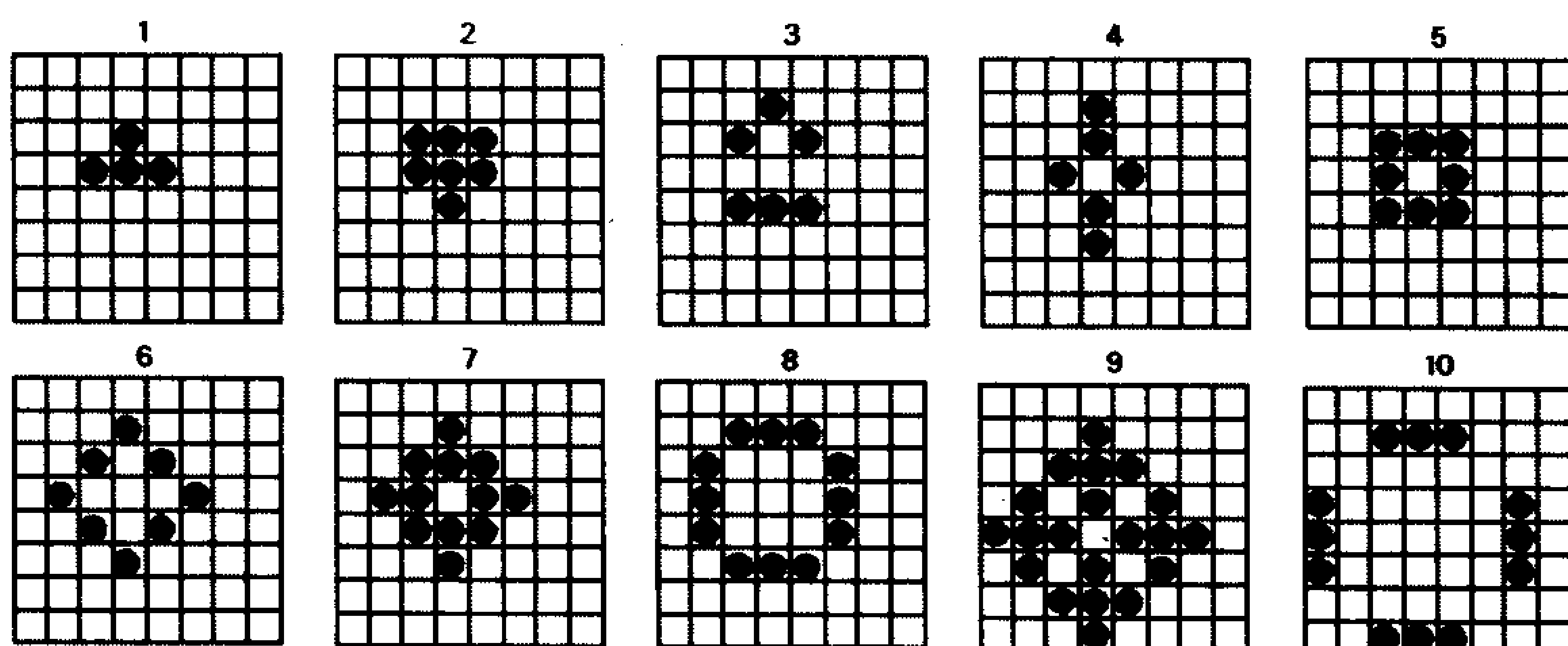


图40 一个四边形的形成.

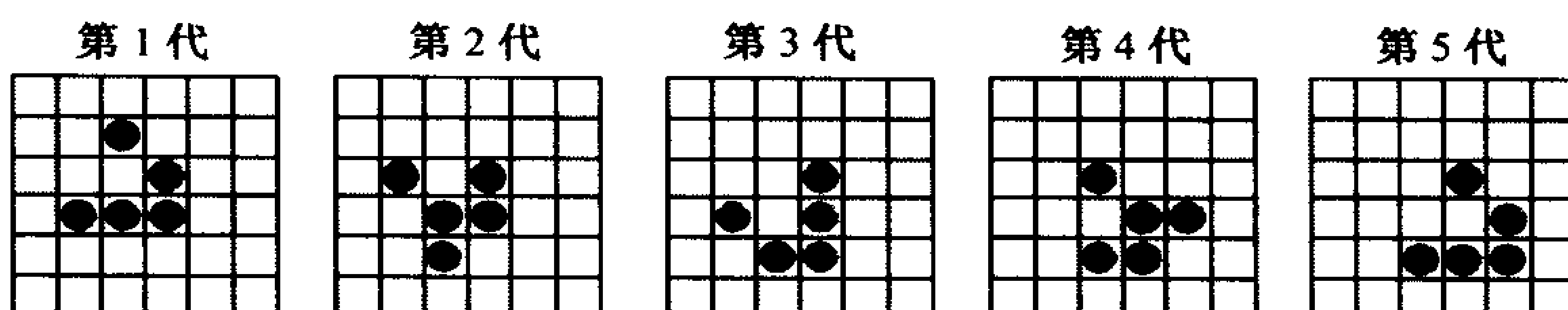


图41 "滑翔者还是帆船手".一个图形,经过四代以后再次过渡到自身,其中只是从左向右并且从上向下推移了一个格子.

自身,而只是图形向前平移了一定数量的格子.康威的"空间滑翔者"(glider)(见图41)是典型的一个这样的例子.这里的关键是一个振荡子,它在五代为一周期以后,就是说五次转变以后,就会再次回到原始的图形,只是沿着对角线方向向游戏板的右下方平移了一个格子.得到一个图形的最大速度是与国际象棋中王的移动速度是一样的.人们可以将它用"光速"来表示,因为它表示了一个绝对的上界值."空间滑翔者"只是以这个"光速"的四分之一的速度在棋盘上运动.

马丁·加德纳在《科学美国人》杂志上的一篇文章[67]中详细描述了具有非常奇特性质的四位数字的图形.读者可以自己去试一试.

由这两种类型的图形,不做任何改变,"生命"就可以成为一个有策略的游戏,它们是:"大炮",它能够打出炮弹,以及"吞图

者”，它——就像名字所示——能把其他棋子吞没而自己不改变.这种构想的发现有一个可笑的故事.康威有一个猜想，是说由于人口过密规则，不会存在一个无限制的图形.但是因为他自己不能证明自己的猜想，于是就悬赏50美元给那些能证明或者能否定这个猜想的人.(在数学上要否定一个结论，只要举出一个反例就行了.)这个奖最后是给了一群在著名的“麻省工学院”做[221]“人工智能项目”的青年研究者，他们把这个问题提给了计算机，让计算机来寻找一个反例（这是与他们的项目的名称完全符合的问题).其中他们得到了一个所谓的“滑翔枪”(见图41)，这是一个大炮，它能以一个规律的距离向空间滑翔者“开火”.大炮自身是一个稳定者，就是说，是一个空间固定的振荡子，它每经过三十代以后就回到原始的图形状态.在每个这样的时期内，它要射掉一个朝离开游戏区域方向漫游的空间滑翔者.因为“枪”—图形无界地振动，它也就产生出了一个无限制数量的空间滑翔者.但这也就意味着存在一些图形会无限制的增长.

所有这些发现，在计算机工程师和数学家中引起了一场真正的轰动.专业杂志和新闻期刊及时对此作了报道.在计算机的帮助下，人当然可以举行更大的和策略上更英明的竞赛，并能发现新的和更有幻想的组合.

对于这个例子，在它的整个概念中有一个完全严肃的动机.我们在这里看到的是一个新的实验数学的出现. 人们希望有一天能以这种方式也把图灵想法在新一代计算机上作为一个应用最终能够实现.

这个名字当然在“生命”一点上不是很有说服力的.虽然这个例子以其非常出色的方式表明，如何从一个简单的基本规则能够构造出一个极其复杂的“现实”世界，复杂性不仅表现在它的空间结构、它的形态学，而且重要的是还表现在它的功能性行为.事实上，我们可以找到许多性质，它们都能使我们想起生命这个概念——正面的意义以及负面的意义. 然而一个本质的刻

划却是缺少的：即“创造的”偶然性.生命–游戏的进程是一个确定过程的范例. 所有的一切都按严格的原因从初始的条件中能得出.在这一切之后有一个“消息灵通的缔造者”.这个游戏仅仅是公开化了他的想法.偶然性简直就无法看得到.

自然界生物的惊人复杂性在这个例子的意义下就无法进行物理处理.是的，如果进化的游戏规则原来与康威的规则一样，那么这将是直接指出了一个具有完全信息的缔造者的存在，即上帝存在的证明. 我们关于生物分子结构和它们进化的变化的全部知识都是与这个平凡的结论相对立的. 如果来假设一个上帝的存在，这当然是荒谬的，因为这个上帝将与自然规律不相一致，这也是与其自身相矛盾的.物理学和生物学对自康德以来关于“上帝存在的证明”这个题目所做的论述不久前由艾克·克利斯坦·赫尔什[68]在一系列的采访中做了综述，他说： 【222】

> “生命的起源处不再是一个充满神秘的地方，在那里上帝发现的要比其他地方都多.要么人们相信上帝，要么在这里人们什么都别相信. 上帝存在的证明是不会发生的.”(比较乔治·西皮特[69]的《上帝的哲学》)

康威的例子表明的仅仅是一个由许多个体组成的具有遗传不变性的整体之动力学中值关系.当然，人们也可以把随机性引入到这个游戏之中，但其结果又回到第5章中的选择游戏了.

英荷·莱辛贝格[70]在其著作《进化的策略》中非常直观地说明，一种“尝试—和—错误”(trial-and-error)方法，在一个多维决策空间中，要比在空间所有坐标方向上测定赋值梯度这种确定因果关系的过程更容易达到目的. 在前一章中我们已经看到分子是如何自我组织并有选择地利用功能特性，现在我们也就能理解，一个单方向的发展在一个复杂的多维状态空间中是如何发挥作用的，而不需要有一个事先就拟好的计划来主宰它.

【223】

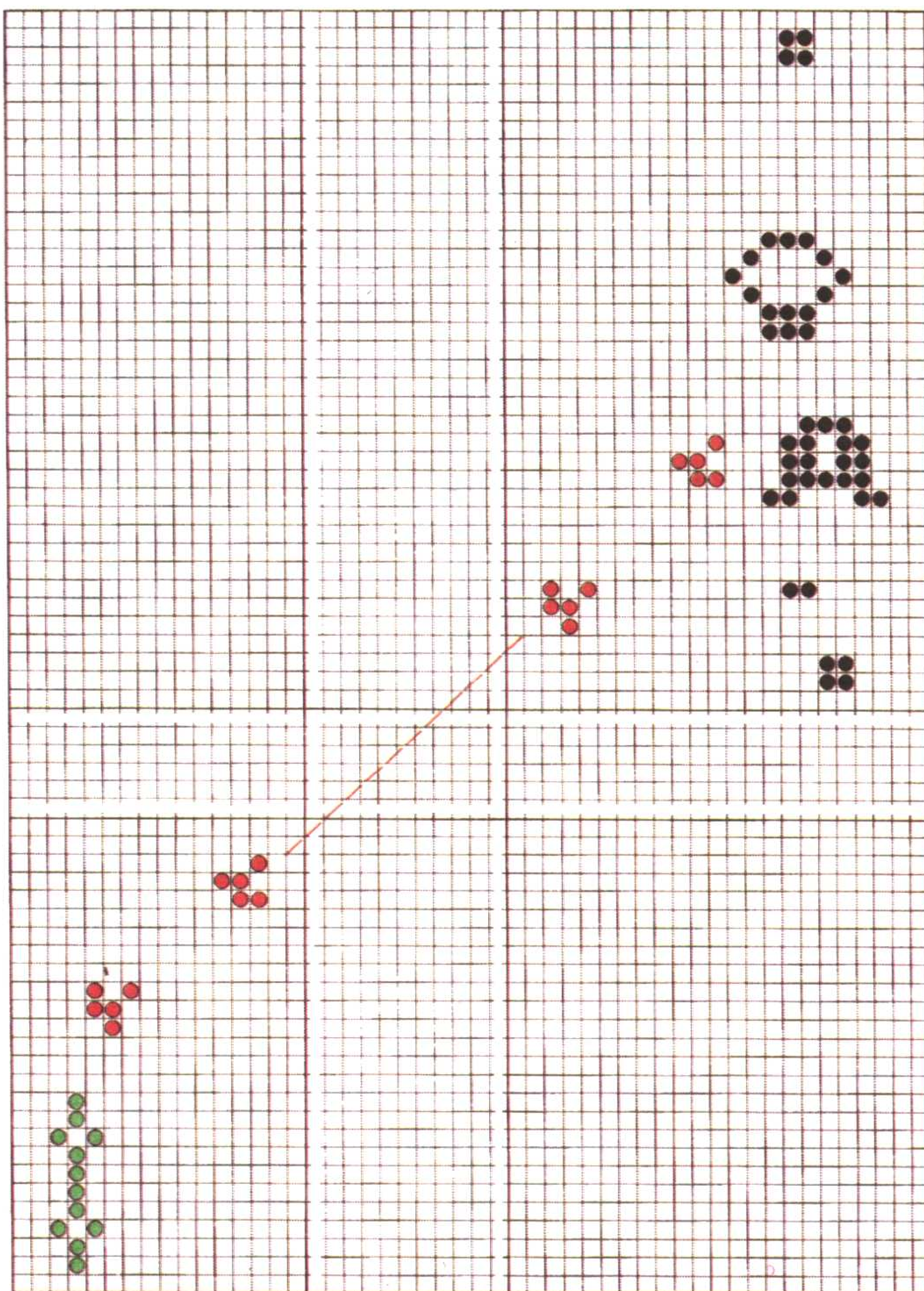


图42 “枪—图”(黑色的)是一个空间固定的振荡子,它能在30代之后回到原来的形状,并在这个周期内射击掉一个“滑翔者”(红色的).这位“滑翔者”在棋板上游荡并会遇到一个“吞吃者”(绿色)(它是一个15代的振荡子),而且被吃掉,而“吞吃者”自身并不改变.

如果我们今天想到图灵自动机的实现,则我们就会假设,它应该类似生物那样去构造. 这是本章开始所提出的第二个结论的内容.当然,不是我们来构造这种自动机,它应该会自己来产生,而且肯定会由于偶然决定性的赋值,不同于它所来自的生物——完全是由于各种各样复杂交错的多样性所决定的. 【224】

这样的一个机器看起来像什么样子呢?

首先它应该具有自我再生的自动机的那些特性,即像冯·诺伊曼开始设计的机器.这就是说,要有一个足够大的存储器,它能发展算法.然后它还必须有一个适当的功能,能够运行程序、进行再整理和扩展. 但只有在机器内部有一个赋值图表时这才是可能的——就像我们在第5章指出的那样.

在进化过程中,结构设计的完善只对由此产生的一代有好处,而不存在去修正灭绝的组成部分.要制造一个机器,这可是一个代价昂贵的举措. 自然界通过创造接收器,能接收环境信号,并在神经系统的发展中,使这些系统能够处理和存储这样一些信号,建立了一条经济的途径. 学习也同样是一个选择的过程,它包含着在学习系统中运作的基本过程的再生成、评估和校正.新的想法的出现可能是以比较旧的想法为代价的.抛弃最多的是较旧的想法,但决不是这些机械的做法,它对于想法的形成是有贡献的.

图灵自动机必须也有一个协调的、能自动作业的赋值表,它能给自动机一个动机,去做一定的事情而不去做另一些事情.这个自动机还需要一个快乐中心和悲伤中心,它能使自己感到害怕和高兴.因此,不管怎样,它应具有"情感"的本性.

无疑,人们——在确认了较高级生物的头脑中这样一些中心的存在之后——也将很快弄清楚它的运作机制的原理.

感觉现象并不因为人们对它能够进行物理的表达就不再存在.同样,对它来说,也并不因此就丢掉什么非常特别的性质.一个人在个性方面的一些想法并不能归结为一个可计算的量.是 【225】

的,对于有思维的人来说,他的存在也就意味着置身于统一的大自然界之中,他的生命是广泛的"生命故事"里的一小部分,而不是什么可安慰的东西.这种认知给人类消除了一个"宇宙边缘流浪者"所感受的孤独.人类是宇宙整体的一个部分,甚至在自身的意识中还是一个中心呢.

把机器装备成(也许只是很有限的)有自我反映能力的东西,这是有意义的吗?难道更为重要的不是把人类社会——作为高级于个体的人的进化阶段——塑造成一个具有理智反映的、能停止自我毁灭的生物社会吗?【226】

第11章 “有一才有十,……”

生命游戏的推论就是人类人口增长会达到爆炸. 在自然界中,我们发现了不同的增长形式,能够依据统一的游戏策略对它进行分类. 指数增长的原因在于自催化的繁殖机制.倍增时间在这里是一个种群的特征常数.因此,人类是可以通过控制出生来影响它的. 目前, 倍增时间在不断地缩短,以致地球上的存居者按照双曲定律猛增.这样一种情况是一个灾难,因为由于我们的生存空间的限制,不得不实行的自我控制是非人性的, 并且蹂躏的措施将首先影响着死亡率.

【227】

11.1 斜率和增长规律

在我们开始计时的时候,起初的六百年里,地球上的人口是从大约300百万增长到500百万.在随后的二百年里,人口增长到了十亿,而在此后的一百年里,再一次的增长了一倍.30亿人的界限大约是在1930年达到的. 今天生活在地球上的人几乎有40亿(见图43).

如果一个集合在相等的连续时段里每次都增加一倍或者以一个相同的因子增加,这就出现了一个指数增长律,其原因就是自我再生或自催化.现有的集合(如铀中的中子,营养液中的细菌,人类,资金,信息或知识)催化着,指导着和主宰着自己的繁增.

地球上人口目前的增长要比指数增长还要厉害. 不仅只是出生率远远大于死亡率，而且居民的平均生育数——首先是在不发达国家——也在不断的增长.由于新生婴儿死亡率的下降，平均寿命提高了,这也极大的影响人口的数字.人口翻一番增长的时间周期越来越短.今天已经是在一个人的有生之年里,它就几乎相当于一代人的替换.这就是增长律的“魔法”.

数学家对增长率的分类或是按照集合的整体增长或是按其时间变化的微分,即比率来进行的.在这里基本上可区分为两种表示,即

●集合的变化是作为时间的函数——我们称此为增长律——以及

●增长速度与集合的关联关系——我们用斜率来表示

如果这个斜率是一个常数——这就是说，速度或者随时间【228】的变化不依赖于当时的集合量，那么整体集合的增长与时间成正比,我们就得到一个线性增长规律.

相反,如果斜率是线性的,即速度与集合成正比,那么这个系统就是按时间的指数来增长的.

如果斜率比线性还要大,比如以集合的平方来增长,那么其结果是一个超指数的增长规律或者是双曲增长规律. 在这里集合每次翻一番增长的时间周期往往是比较短的.由于缺乏限制，集合必须在有限的时间里变成无限的大. 我们把这三种基本增长规律以及以它们为基础的斜率在图44中做了表示.

每种方式增长的前提条件是生长要超过衰退. 如果两种比率相等——即生长通过衰退正好抵消——那么我们就称这种系统是平稳的,它不会因聚合一起而进一步变化.

当然,我们在做人口统计时,作为上升率和下降率的东西只是巨大数量的个体事件的速度的统计中值. 这就意味着在平稳状态下,比率的互相抵消只能用时间这个手段来实现.在这里又【229】一次碰到了在第四章中所遇到的平稳系统的稳定性问题. 这个

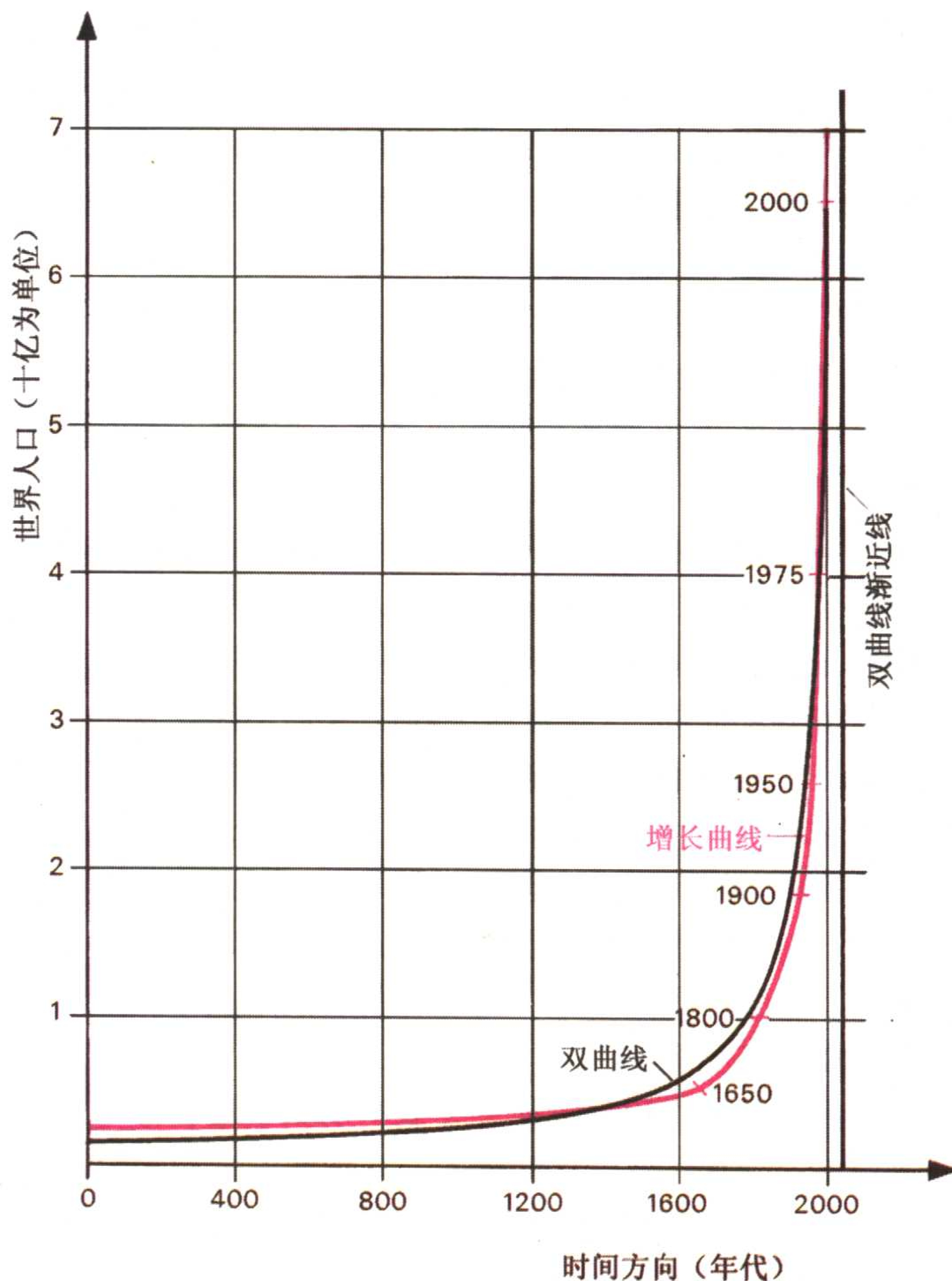


图43 世界人口增长曲线[75]外推到2000年(红色曲线).所示的双曲线(黑色)的走势在一个很长的时间区域内几乎是重合的.双曲线大约在2040年会消失在无限处(见渐近线).根据这样的情况,一方面咄咄逼人的人口增长爆炸喜剧般地展现在我们面前,另一方面人们意识到外推法——特别是在奇点附近——是多么的无意义.

问题是很普遍的,对于人口,货币和经济政策甚至都有重要意义.在所提到的情况下,受整体效应影响的每个个体事件都是自然地自催化着.限制措施以及鼓励措施在没有反馈控制情况下,通过所【230】引起的效应可以使这样一些系统受到致命的危害. 决定的是上升率和下降率的差是如何与人口以及它的波动相关联的.

让我们来假设,这个差是以一个统一的方式与整体的变化相一致的.最简单的情况就是这两个比率的差平均起来是一个常数.若上升率是优势,那么将要出现的是每次在相同的时间区域里上升都是相同的(这种关系不能与那种在相同的时段里集合每次都与现有的集合量相关,翻一倍或好几倍地增加相混起来).这样一个线性增长是相对容易控制的, 只要人们对外部条件能够采取一些措施.在这里所出现的波动不会引起内部的巨变,因为它不是以雪崩方式膨胀的,这样就易于调控.人们不能仅从一个线性增长来对这个机制下什么结论——至少不能只在一个有限的时间区域里来考虑.同样,指数增长规律也有一个线性区域,即所谓的起跑阶段(见图44),这就是说,如果观察的时间小于相对的倍增周期,人们得到的(只)是集合的线性增长.对于直接威胁人类的情况, 首要的是人口翻一番增长的时间周期今天已经和一代人的周期可以相等同.

还有内在的反作用也可使一个起初的指数增长限定在一个线性进展的过程内. 当以自我再生为基础的细菌繁殖在一个充足的营养液里真正进行着指数增长时,而树木的长期增高(同样也是归结为细胞的再生) 却是受到限制以致完全——如果与早期的增长阶段相联系——可以认为它是停留在线性增长的水平上(随着年龄的增长,树的增高速度还是下降的).

在许多集体游戏中, 线性增长方式——已知的——在一个长期的游戏过程之后才能真正保持着. 只是在最后阶段才会出【231】现指数变化以及指数效应.否则,在游戏的一开始就会知道谁是失败者.而且他还得以这样的角色痛苦地坚持下去,这也许——

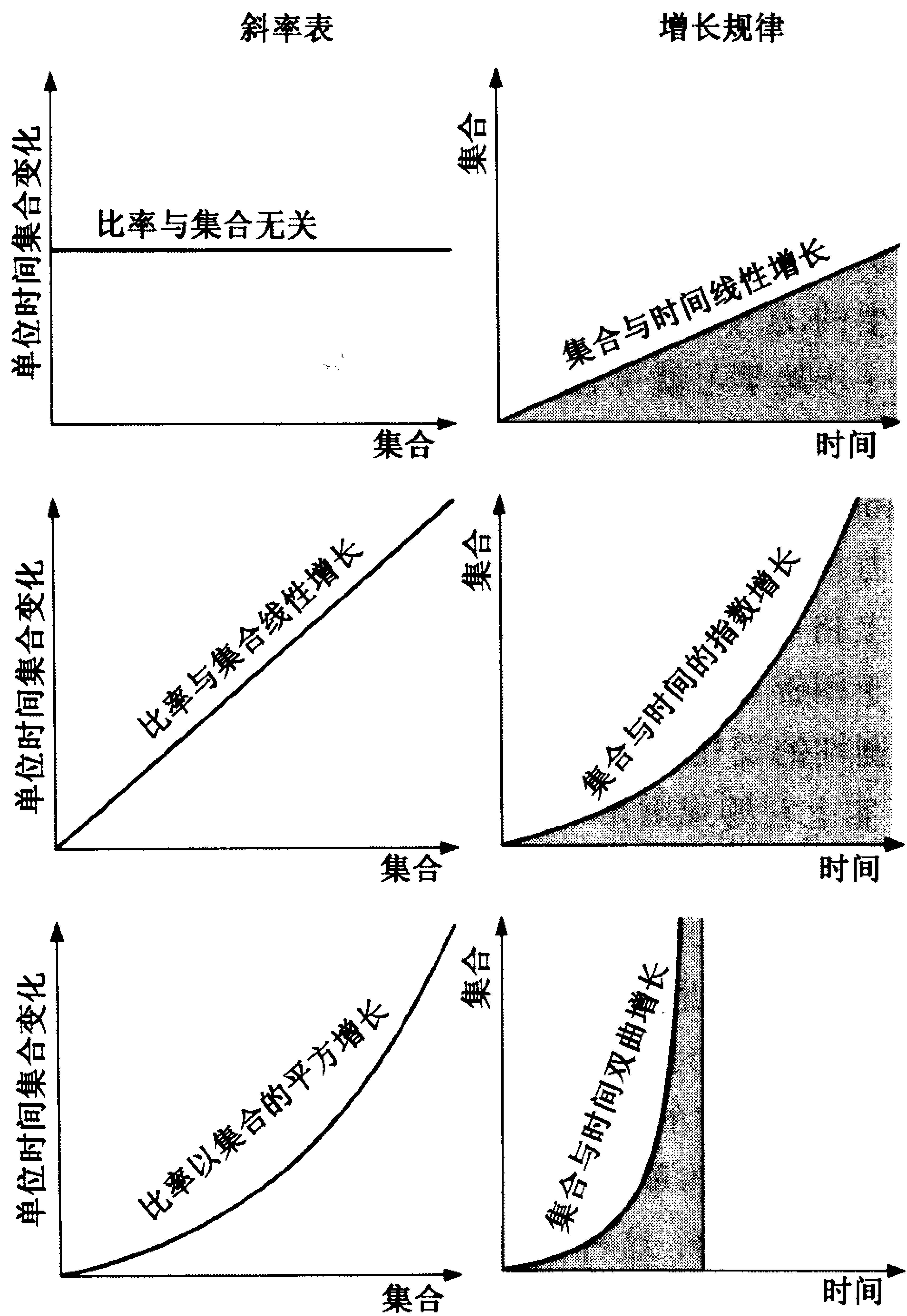


图44 增长曲线(=集合整体与时间的依赖关系)和基本斜率对照地画出来了.增长曲线的特点是:线性的(上图),集合在相同的时段有相同的增长;指数的(中间),集合在相同时段以相同的倍数增长.(尽管是这样的一个爆炸式增长,集合也是在一个无限长的时间后才能变成无限的);双曲的(下图),倍增的周期随时间缩小(集合已在一个有限时间内趋于无限).

就像今天人们常说的——会导致“挫折经历”.世界知名的一种协作游戏“中国的围棋”*或者它的平凡变形“五子棋”,源于英国,都是一些古典的例子.它们说明,在一个线性游戏进程中,灾难情形是如何逐渐降临的.

围棋还说明, 复杂性是如何由最简单的基本原则重复应用后而产生的.这个游戏的规则事实上是那么的简单,每个人都不需要进一步地学习就可直接来实践, 然而完全掌握它就连最有才能的棋手也不敢承认.在日本,围绕围棋形成了一整套学问,早在 1868 年就已经有了一个特殊的“围棋棋院”.

实力相当的棋手间的一盘棋可能会延续一天之久. 由于被占棋板上格子的线性增加而在长时间内不能断定谁是获胜者.只是由于围捉策略才产生一个“非线性”,它最终使得游戏过程起了戏剧性的变化. 这种与线性增长的偏离在数学上是相当复杂的.事实上它的规则是不能用数学概念化的,而且从历史起源来看,它归结为一个策略概念.这里所说的与第5章引入的球游戏相比较,在数学结构上,它更为清楚一些.它几乎只包括纯指数的增长规律,对此我们现在来详细地进行讨论.

对于一个纯为指数的增长规律有一个充分和必要的条件,即上升率和下降率的差必须是正的并且要与当时的集合量成正比.如果集合由个体单位构成,那么它的数目在相同的时间区域内每次都增加一倍. 这种倍增周期对所运作的系统是一个特征常数.单个的倍增过程本身首先是不连续的.在有充分大的个体

【233】数目时,将成为一个实际上是关于时间连续的过程,它能够用连续函数适当地加以描述.这个函数具有斜率所要求的性质,即对时间的导数再次显示出相同的时间相关性, 就像函数自身所指出的那样.除了特征增长常数外,人们还常常指出集合是以e-倍的量增长的时间.这个超越数e=2.718是指数函数的基.

* 译者注:原文在这里是说围棋是日本的一种游戏.

表格 11 "围棋"和"五子棋"游戏

围棋——就像日语所说的——是一种两个人的下棋游戏.每个棋手有181个石子(分别为黑色和白色的).棋盘上有19×19个由横竖直交的直线分成的格子,共有361个交点.棋子是放在交点上的.

五子棋,这是两个人或多个人可以下的棋,它是在一个有13×13个格子的棋板上进行的.所有游戏的开始,都是参加者交替地把自己颜色的球(石子)放在空着的交点上.

在五子棋中,每个游戏的参加者都必须试图下出由五个自己颜色的球相连成的一条线段.横着,竖着或对角线上的五个子组成的一条线都算,但它们必须相互连在一起.谁先下出这样的五子一条线,那他就获胜.人们也可以进一步再玩下去,直到整个棋盘上全部放着棋子.最终由参加者下出的连在一起的五子序列的多少来决定胜负.还可以做进一步的改变,当每次下出一个四子相连序列时,就去掉对方的一个棋子,获胜者就是棋盘上棋子最多的参加者.

小围棋和围棋是一样的, 只是它是在一个小一点的棋板上 (13×13条线)来进行的.其规则是:

1. 棋手交替地在交叉点处放一个自己颜色的棋子,每个棋子只要不被对方的棋子包围并被"围着吃掉"的话,就一直留在棋盘上.

2. 处于完全被包围区域里的球就被"围着吃掉"了.这就是说,由对手接收了.但并不强迫人们要使用包围的方法.

第二种规则的使用是唯一的, 只要涉及的是在一个完全布满棋子、完全被包围的区域.在棋板的边缘,只需要从敞开着的几个方面来包围就可以了.如果围着的区域里没有完全由对手的棋子填满,或还有包围区域重叠的可能性,那就必须按照图45所表示的基本类型,根据当时的情况来采取措施.当所有有获胜能力的位置都被占满了时,游戏就算停止.把让对手围着的棋子作为失掉的点数减掉.谁的点数最多,谁就是胜利者.

【234】

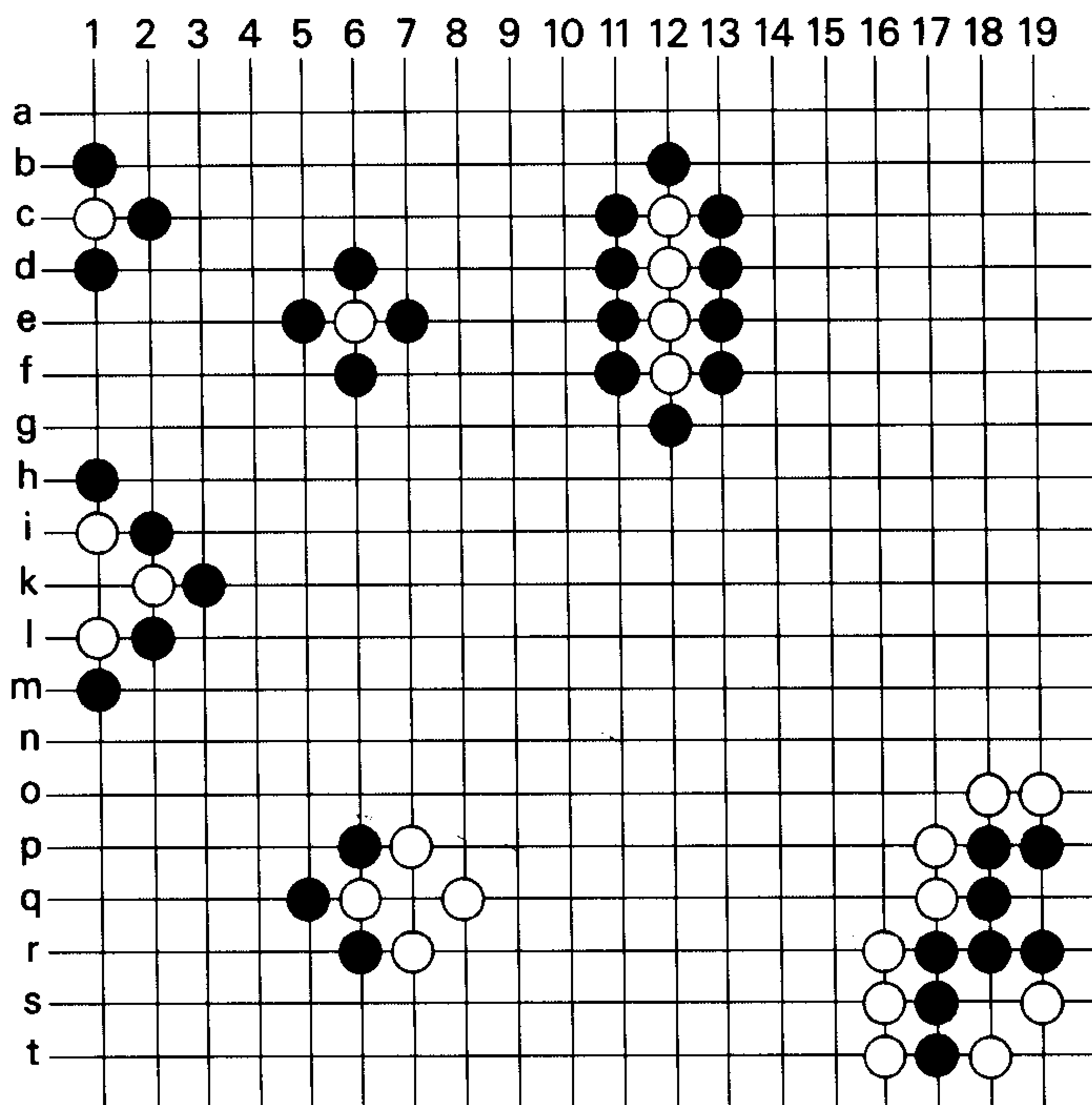


图45 围棋的几个重要情况和游戏概念. 在左上方这两种情况时,都是一个白色石子由黑色石子完全包围着,从而被黑子围捉吃掉了.也可以同时有许多石子被围捉吃掉,比如就像右上方处于一条链位置上的棋子.例子中位于中部左侧的,对于白色的一方来说就是不幸的,虽然这里还有一个自由格点(k1)能放棋子.对此黑色也可以占据这个格子,并把所有的三个白子围捉吃掉.在图中位于下方左边的例子里,黑方可以占据q7这个位子来围捉白色的q6并将其吃掉. 但是,白色也可以通过再次占据q6将黑色的q7围捉吃掉——这样就会无限制地重复.对此有一条规则是说,若一个棋子只将对方的一个棋子吃掉,那么在紧接着的一步着棋时,这个棋子不可以被吃掉.在右下方角上表示的是一个"活气眼情况".这里的三个交叉点,黑色的一方无法占据,同时白色的也无法占据.

【235】

对于增长函数是正确的结论就必然对衰减函数也是合理的. 如果下降率起决定作用并且上升率与下降率之差又与集合自身成比例，则这时人们就得到集合变化随时间变化的指数衰减函数.最有名的一个例子就是放射衰变.所谓的"半衰期",这是一个时间长度，即每个已有的原子衰变到一半时它所需要的时间,就是单个原子平均寿命的特征度量.

在选择游戏这个例子中,也会出现指数衰减函数.最后阶段对于受挫的棋手来说，棋局进展就是按照指数的衰减规律发展的.而由于棋盘的限制,只在初局阶段——比如交了个好运——才会出现指数增长.

指数函数的另一个典型特征是它只有在无限长的时间之后,才真正达到其极限值零(衰减函数*)和极限值无穷(增长函数)——这个过程自身运作得多么剧烈.这种渐近方式是与半衰期常数直接相关的. 剧烈的增长意味着增加一倍的周期互相替代是很快的.

如果倍增的时间不是常数，而是随时间的流逝不断地变短,那么会出现什么呢？这个正好就是我们当今所经历的人口爆炸. 【236】

在这里,事件接踵而来,如果增长没有限制,那么增长曲线在有限的时间里就可以接近无穷.这种情况,数学家就说,它是一个奇点，意思是指一个位置，在此处函数值——比如双曲线——消失在无穷处.当然这种情况决不会真正出现,因为世界的有限性,自然的诸多限制就会起作用,它们阻止了集合变成无穷大.但这对于一个单一的个体来说,由于被迫受到限制,将会是一场灾难,使其生存能力成为一个大问题.

---

* 一个连续的集合通过不断的折半只有经过无限次的步骤才能变成零.(译者注:中国有句俗话:"一尺之杆,日取其半",只有经无数之日,才能取尽.)

11.2 爆炸式增长

我们将对指数和双曲增长规律的不同情况借助小球游戏来作一剖析.

表格 12 小球游戏“增长”

这个游戏是由两个或四个人来玩的,需要一个棋板,上面有坐标分划和相应的坐标骰子,最好是一个8×8格子的棋板,每个参加者拿上足够多的自己所选定颜色的球.

游戏是这样开始的.首先是(例如)交替的、按次序的投骰子六轮,其中每个参加者可以把投出的格子用一个自己颜色的球占据. 如果这个格子是由别人的球占着,则越过去,轮下一个人投骰子(此规律对整个游戏过程成立).若这个格子是由自己的球占着,则他可以把这个格子上自己的球放在任何一个(有战略优势的)格子里(相邻接的球意味着在进一步的游戏中有一定的优势).

到这一阶段的结束,每个参加者最多可有6个球在棋盘上,现在才开始真正的游戏. 每个参加者都必选择一种策略并将其说明——根据自己球的分布选择一个看起来对他自己最有利的策略. 在进一步的游戏过程中他总是与这种策略相联系,直到他说明了他将采用“下一个更高的”策略.可以使【237】用的策略有下面这些:

1. 轮到的参加者每次可以只投一次骰子.当他投出的格子是一个自己的球所占的格子或者是自己球的四个直交的相邻区域中的一个(见图46),则他可以新添一个球到所投的格子.

2. 游戏者可以每次连续投骰子两次(与他是否投成功没有关系).如果他投出一个格子,同时又是属于(至少)两个自己颜色球的相邻区域,那么他就可以给棋盘内新添两个球并放在两个(要由投骰子决定的)格子.相邻区域是指球本身所占的格子以及四个直交的和对角线的格子 (廉威—相邻).所投出的格子必须是处于两个相邻区域相交的区间(见图46).

3.游戏者可以每次连续投骰子三次,但他必须投出一个格子,它位于自己颜色球的(至少)三个相邻区域的相交区域(见图46),这样,他可以给棋盘中新添上三个自己的球.

(依次类推,从四个最多到九个格子.游戏者每回都可以投那么多次的骰子和在成功的情况下放那么多球,要相应于所说明的策略所指出的数.)

胜利者就是在棋盘上所有格子被填满后获得最多球的游戏参加者.第二阶段相邻规则的使用不受对方球是否占格子的影响——除了这样的限制,即在对手所占的格子上不能再放自己的球(在这个游戏中没有去掉某个球这么一说).对于新添球的放置位子每次都是投骰子,一直投到有一个空位子时为止.

注意:小心谨慎的参加者首先会选择相对保险的规则来进行.这在球的均匀分布情况下,将对参加者具有最高的添球机会.如果在开始的分布阶段已经出现这样一些图形,它们提供了采用更"高一级"策略的条件,则建议立即上升到更高级策略.

在这个游戏中用于选择的策略代表着一定的增长机制.当然不可能在一个有限的棋盘中来模拟一个许多代的无限制的繁增过程.仅是在初始阶段,球的稠密程度还是相对很小的时候,【238】那些对于简单增长规律成立的条件还被满足一点. 能够意识到这样一个阶段来做这种游戏是有好处的. 当然人们在此要有点耐心.

详细地来分析第一种策略最好是用一个球来开始. 它位于某一个格子上,因此,它就有一个定义的相邻关系,这是四个与它相连结的垂直相交的格子.现在就要看,出现的是总体为5个格子中的一个格子,于是就新添入一个球.而这种机会的概率是一个由64个格子组成的棋板中的$\frac{5}{64}$.也就是说,人们平均需要大约13次的投骰子.【239】

确切地说,人们必须对这两个球的每一个在其后的各轮中

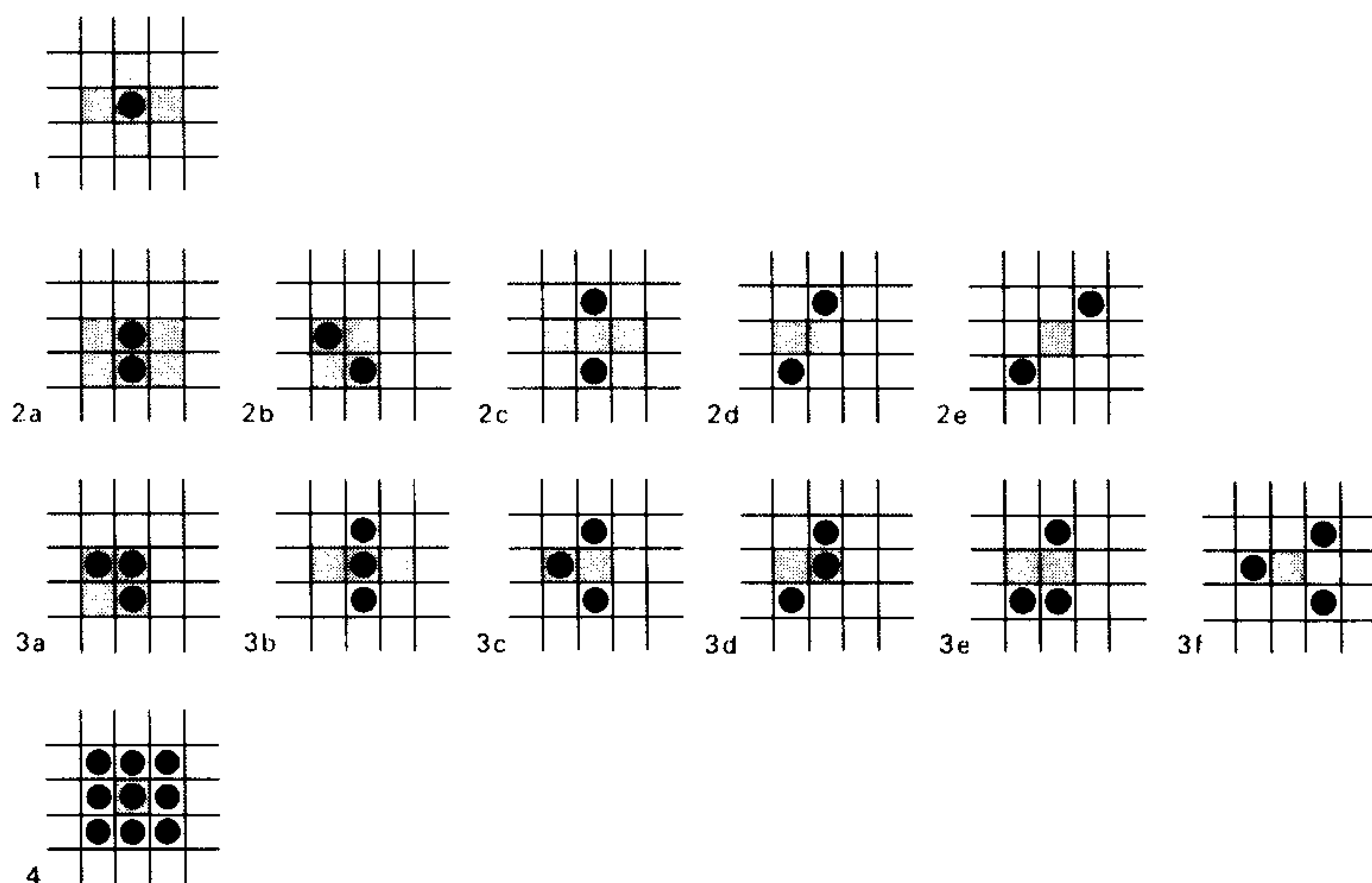


图46 增长游戏中相邻区域的定义.

1. 在1-球方案中有冯·诺伊曼相邻关系,除了球所占的中心位置外,它的四个垂直相邻格子(阴影)也算作为相邻区域.

2.和3.对于两个或更多球方案来说,相对成立的是康威的相邻关系定义,它不仅包括四个垂直的格子也包括对角线上与中心格子相接的四个格子.规则只涉及这样一些格子,它们是位于所要用到的球的相邻格子的重合区域(阴影).

4. 在九个球方案中人们必须投出九个球所占格子的中心格子处(阴影).

【240】

分开扔骰子,因为这两个繁增的过程是相互无关的.在游戏时,对我们有帮助的是,我们所投出的球不与已位于格子中的球相关联,而是每次都能投一下骰子,并且能充分利用与已位于格子中的球相关这种更大的获胜机会.只要棋盘的有限性不导致于一个相邻区域的重大重合——事实上这个只能在"大"的棋盘上发生——球的数量(平均来说)每次都是按照已知的投骰子数来倍增的(比如13).这是指数增长的典型标志.

随着棋盘面的不断被占据，受限制的事实就导致了简单指数规律的一个明显的偏差. 如果棋盘一旦放有许多球以致所余空格子都属于某个球的邻区域，则每一次的投骰子都是有收获的，每次都会有新的球添进来.增长速度此时也就是最大的.但它却是一个常数，集合也只是线性地增长.

类似的限制对第二和第三种方案也有. 在那里增长率是分别与棋盘上已有球的数量的平方以及立方成比例. 对于“更高的”(超指数的)繁增规律，一个比较确切的模拟要求一个类似于第一种方案那种情况下的过程. 我们必须再次假设一个足够大的“稀释剂”，并在一开始至少有两个(或者三个)球，包括——非线性增长法则所要求的——特别的相邻区域作为出发点. 否则在使用相应的方案时，增长过程就不可能发生.遇到这样一种初始状态的概率，在两个球时(或者三个球时)随机分布在64个格子中是相对很小的，但在游戏的进程中逐渐增大*.

这个游戏清楚地把“超指数”增长的爆炸特点表示了出来. 【241】成倍增长周期——当人们从早期阶段开始就使用“较高级”的策略并坚持下去——总是喜剧般地变短，而它在第一种方案时，经过一个长期的游戏阶段几乎是保持着常值. 这种倍增周期的缩短是双曲增长的突出标志. 其原因在这里是由于一个非线性的斜率：即增长率的上升比集合自身相对要快.

现在人们会反驳说，指数增长规律和双曲增长规律的区别从实际的观点来看是不明显的，因为双曲函数的奇异点在有限的范围内总不会达到，并且另一方面，指数增长借助于一个相当长的时间，常值可以任意的陡峭，这个法则最多只是有其“理论”意义. 然而我们将在下一章会看到，在一个增长有限界的情况

---

* 正确地模拟某个双曲增长法则，人们需要在每轮中将所有的球统计地重新分布在棋盘上.只有这样，一对位形(或三元组的位形)的概率分布才能正确的反映出来.

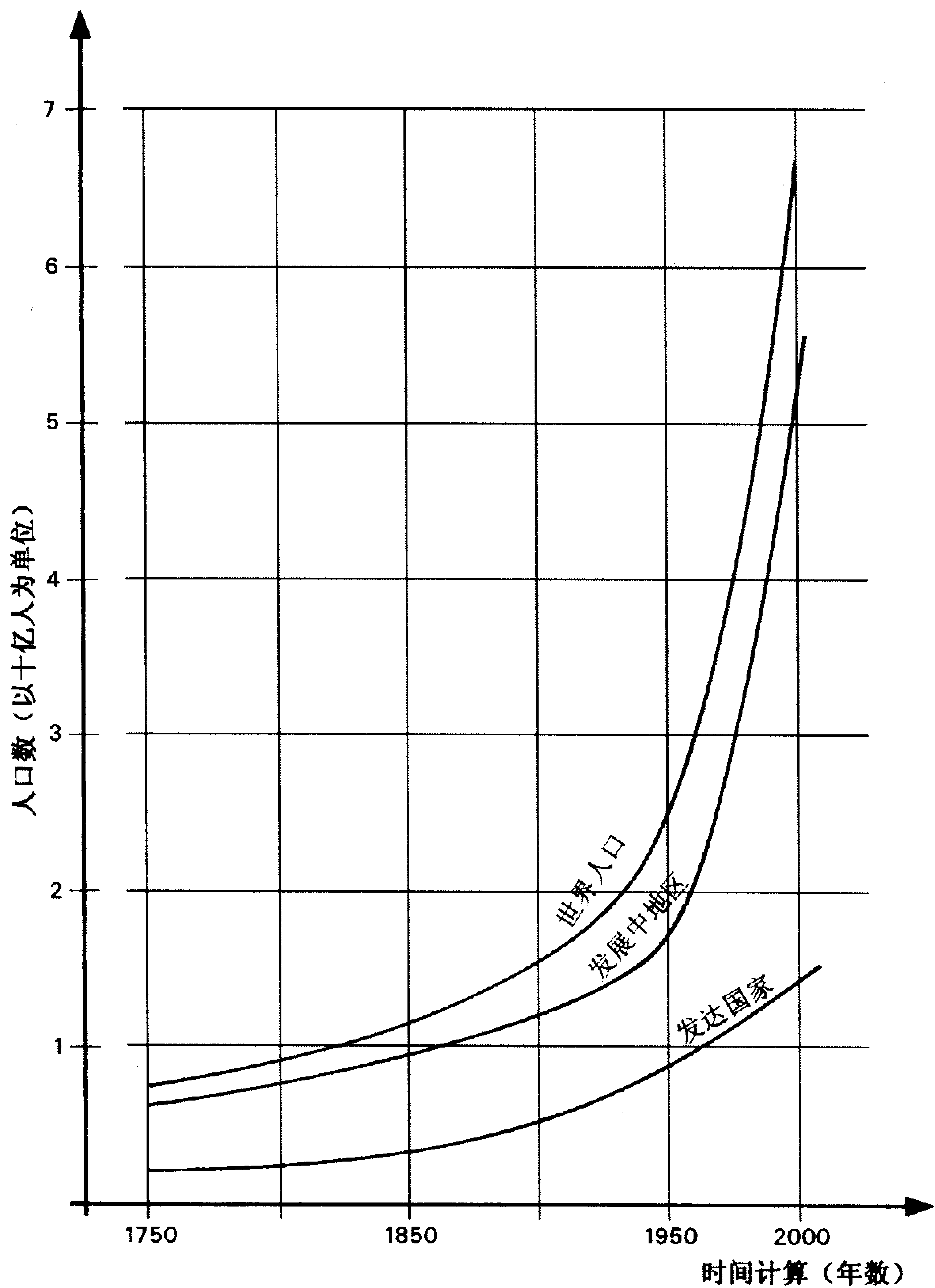
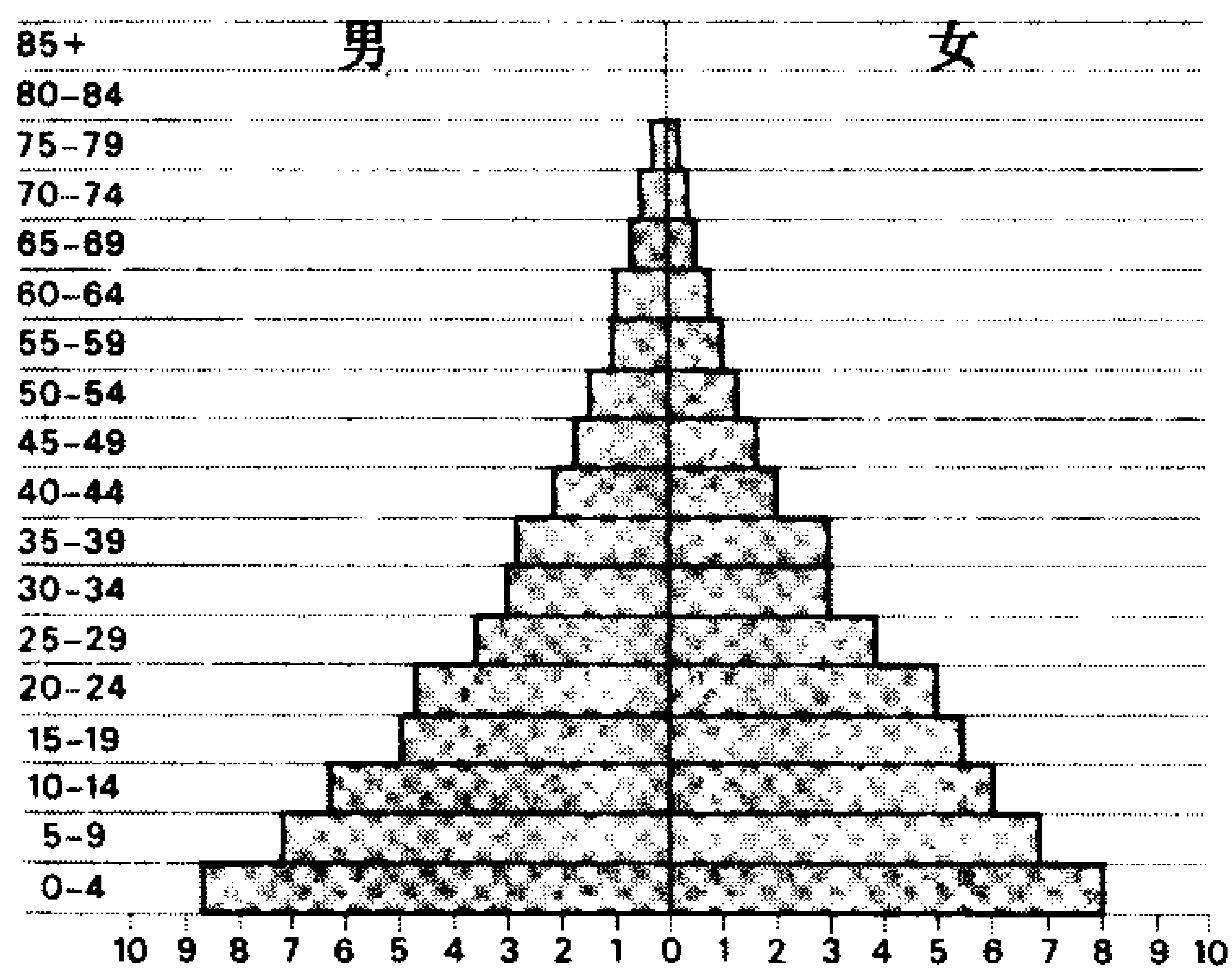
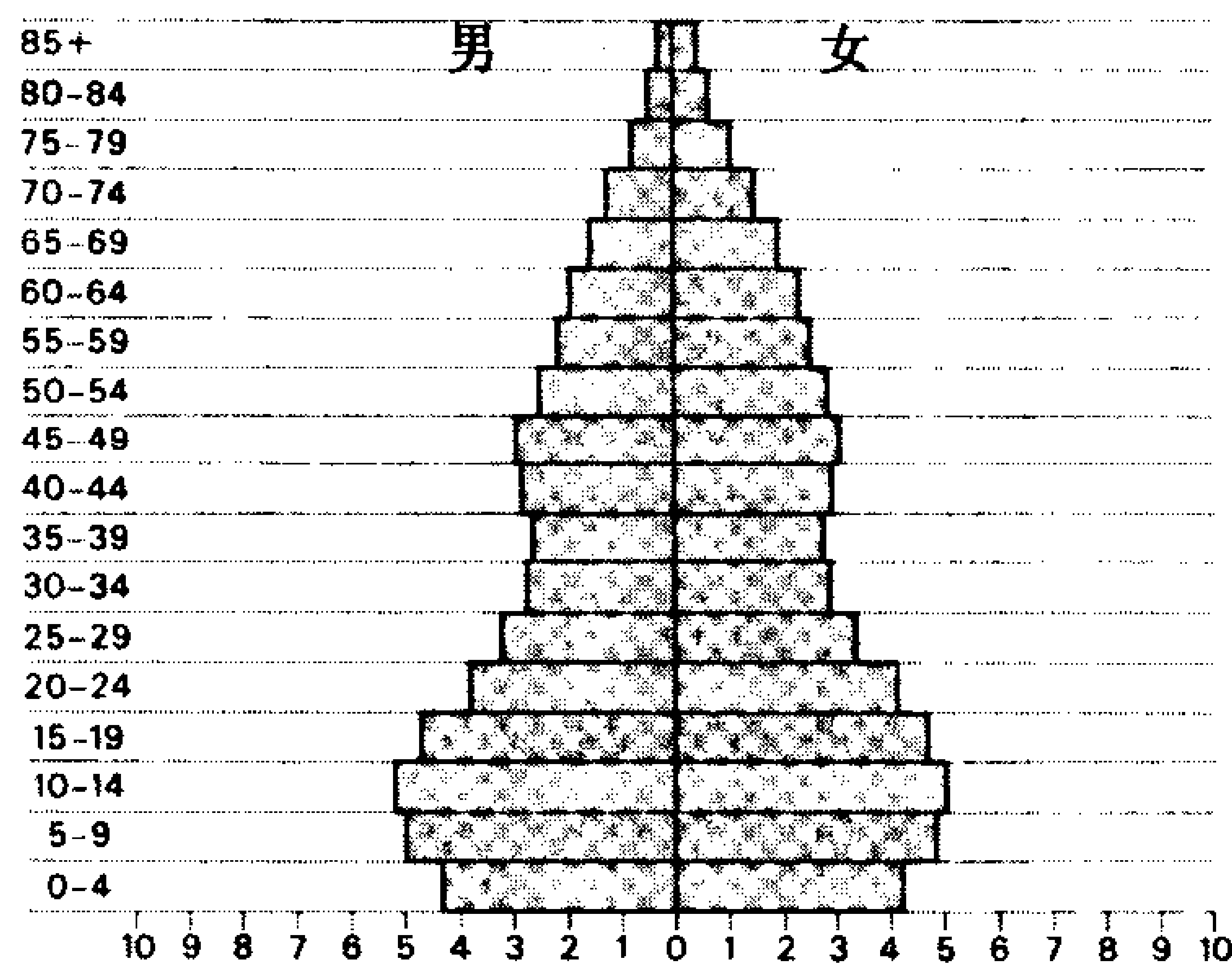


图47 世界人口增长曲线(红)在这里是按照发达国家(绿)和发展中国家(蓝)来分类的.不同的国家属于这两个中的哪一个是按照保罗·戴梅尼[71]的编排而选取的.

【242】





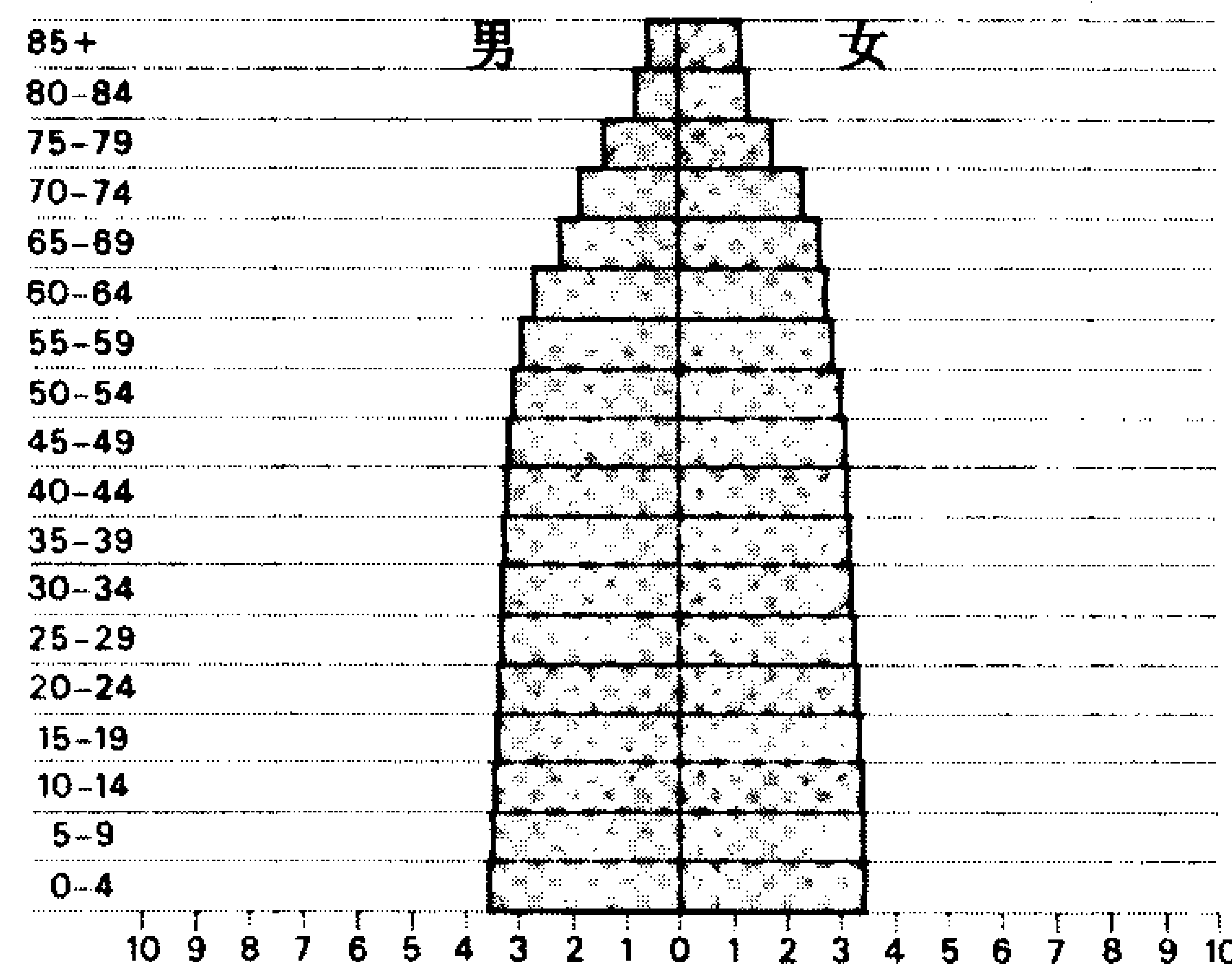


图48 一个整体人群的年龄分布：(上图)1950年哥斯达黎加的人口(不发达国家的一个代表).

(中间)1970年美国的人口[72]（年龄塔的一个截片反映出了衰退情况).

(下图)一个高生活水平国家的平稳人口(至少在两代人这么长的时间里都是"无灾难"的发展).

【243】

下，双曲法则特征性的倍增周期的缩短对于这个系统的选择方式具有重要的质和量的影响作用.

再生条件的改变是通过什么来实现的呢？在地球上人口增长的这种情况下，有一系列的因素是决定性的.由于一个有效的药物保护和医疗卫生条件的改善，这就标志着疾病和瘟疫的下降.婴幼儿死亡减少，于是平均寿命上升.出生率的上升和死亡率的下降当然只能如此长期的直接相互协调，就像寿命的一个提高会本质地影响着进一步繁衍的生育阶段.超指数的人口上升因而出现在不发达区域就特别明显，如图47所示的那样.

倍增周期在可生育年龄段的期望值上升的情况下保持不变(比较图48中的年龄金字塔).在这里最终又将是接收一个指数的增长过程——只要出生率超过死亡率.

如图47所示，整体统计可以把真正的关系极不真实地再反映出来.保持稳定状态的措施应该区别对待.因此，印度妇女，比如说，应该采取一个重大的生育控制，而对于阿根廷妇女甚至相反应该有所鼓励，使出生率上升.超比例的人口上升在不发达国家已经引起了许多领域明显的自然平衡失调.这主要的原因是，由世界卫生组织所要求的那些措施如战胜瘟疫；减少婴儿死亡，这可促进高出生率，都不能通过采取一些措施同时完善地执行，而这些措施保障人口增长的群体相应的生存条件.这样就出现了生活质量在不发达区域不断下降并且平均来说已经处于人类生存所需的消费界限以下.在这里不能错误地认为，有很多后代在最穷的情况下，对所涉及的单个家庭在竞争斗争中可以带来优势.帮助措施必须要能适合于消除这种恶性循环，肯定的是这种帮助不能只从“外部”来进行.与此相关，对比印度和中国，应该给予那些乐于帮助的工业国家以深深地思考.值得肯定的是，

【244】现实的想法和理想要比固定在某一种意识形态上重要得多.

第12章　有限的生存空间

在有限的生存空间中，增长会导向"饱和".整体集合以最大量确定下来. 单一的子集合相对地——根据增长规律——日益显示出明显的区别：

线性增长下的共存或者相互稳定的共存；

指数增长下的竞争和筛选；

双曲增长下的全部或全无—决策.

根据指数法则，在饱和情况下，有选择优势的变异者是高生长的.其资格的认定标准是由一个"禁止条款"来确定的.相反地，在双曲法则下，有那么一次所采取的选择决策实际上就是最终有效的.在游戏棋盘上，这种在"饱和"情况下的关系在事先给定不同的增长法则下能够模拟出来.

在生命的演化中，经历过整体的繁增阶段. 全面的限定，不仅导致一个毫无仁慈的竞争，而且也导致发展机遇的强烈缩减.人口控制问题的解决是多么的紧迫，它又是多么的清楚，这是一个区域性问题，而不是全球性的. 【245】

12.1　共　　存

在前一章所述游戏中所表述的三种基本增长规律说明，棋盘的限制对高增长的群体起一个决定性的作用. 增长的特性很快就会偏离了原来的趋势，使在饱和中最终显露出一个完全崭新的规律性. 一个这样的效果绝不是游戏的一种特殊的自我方

式,而是在现实中会经常遇到的.因此应该进行深入的分析.

在我们生活的这个世界上,不存在没有界限的空间.我们这个星球的界限——至少还在一个看不出来的时间里——也是我们生存空间的界限. 如果地球上的人口按其目前的速度进一步增长,那么在五百年至六百年以后,每个人可使用的也只有一平方米的生存空间.

当然这种方式的极端化,从规范的观点来说是对的,并不意味着真正地出现那种情况. 未来学家不可以只限于极端情况.这一点, 我们已经在刚刚过去的石油危机中亲眼领略过了. 预言像:“日本是未来最大的经济强国” 似乎一夜之间就成了完全崭新的曙光.另一方面,极端化也是完全合适的,它表明一种趋势并使人们早期关注可能要来临的灾难. 数字这个量说明只有当知道误差界限时才有价值. 一个关于平稳自催化系统的预报都有时间的局限性.是的,人们原则上可以不相信它,假如它是没有涉及时间的这样一些结论, 其中所预计的某时刻的值与进一步的误差没有校正的话.

在一些互不相同的、能自我再生的个体中,限制增长会引起它们之间的竞争关系——即使它们基本上是和平地被安置在系统中.由康威对“生命–游戏”所引入的规则,比如说,并不包含什么“斗争的”元素,但是它们却能导致,就像我们所见的,一个完备的“军火”工厂和“毁灭工具”产生.就像人类历史所表明的,只要一旦有了武器,它们就会被使用.生存空间的限制不可避免地导致互相的对抗,即使是背后没有恶意的目的.当大家在一个坐满了人的一节车厢里点燃一支香烟时, 并不是有意要来污染其他乘客的空气. 一个超载的空间就意味着对其他人的自由的限制,这是成为攻击性的第一步.在动物王国里,所占据的区域是会用生命来捍卫的, 同样对于人类, 自然界也没有给予一种能力,能在一个超满的世界里来生存.其侵略性的行为有其自然规律性的根源.

【246】

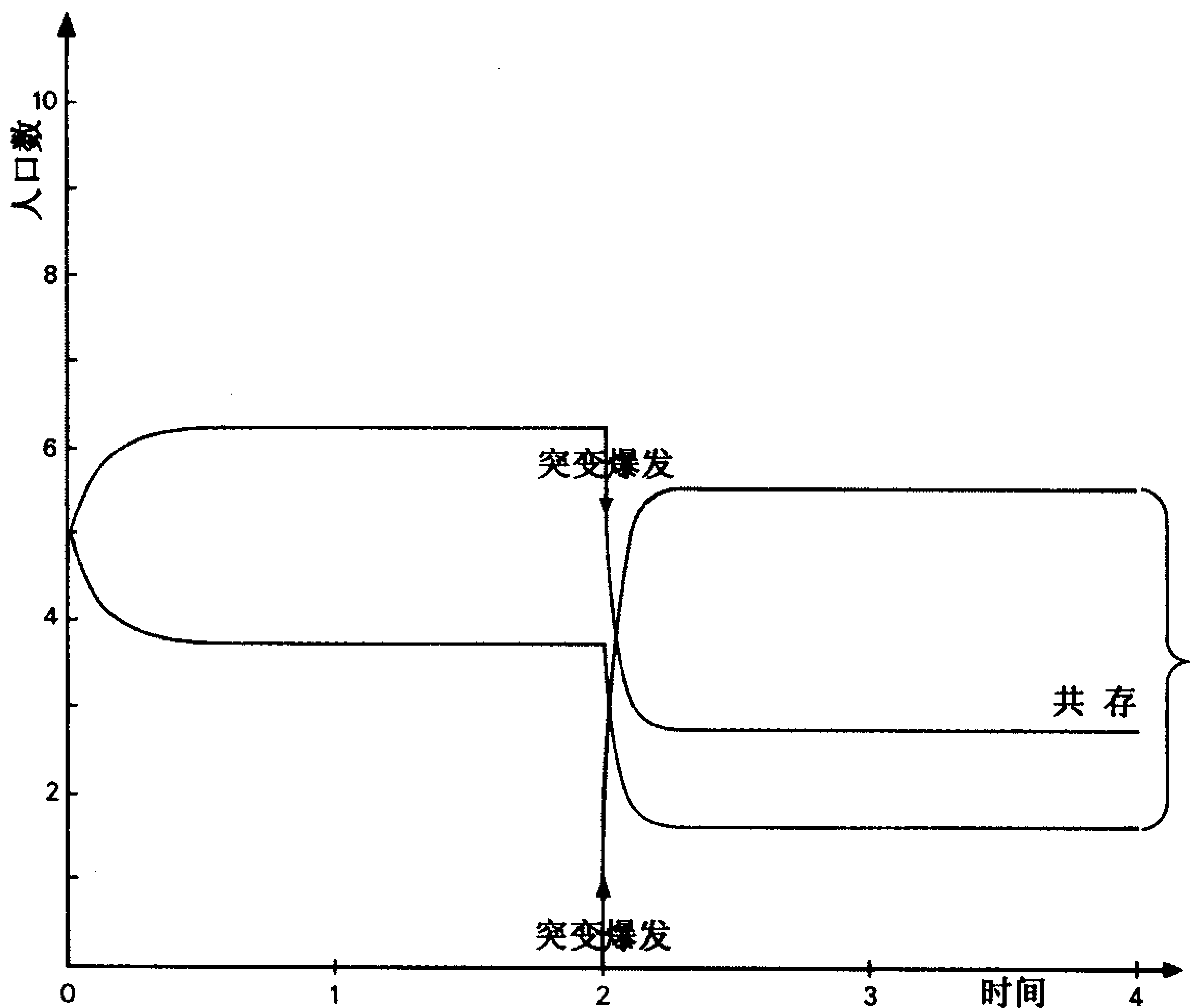


图49 两个物种的共存(蓝和绿)之出现是由于线性增长的限制. 在这个例子里所表示的增长率的关系是——蓝色:绿色为5:3,因为两个(一开始时是相同的)部分的数量之和保持常值,那么绿色减少多少,蓝色就上升多少.一旦这两个部分存在着增长率的关系,这个过程就会立即结束.一个新的突变者(红色的)能够(无关于它们的效应)在这种条件下容易突发地生长出来. 于是已有物种的数量关系就会针对当时出现的比率关系加以调整.

【247】

不同的增长关系在数量限制中对个体的代表者将产生不同的影响.人们可以首先假设,繁增规律的方式在其中是相对的不那么明显.竞争者不是“如何”,而是“多么快”地增加,似乎——至少在起初的观察中——是完全起决定作用的. 这在一定的种

类的个体范围内是没有错的，只要它们比其他的竞争者成长得更快，以此方式，它们就不被排挤出去——没有直接的相互干扰作用之情况下.尽管如此，对于一个个体种类的代表者来说在上述三种增长规律情况下，也会出现质量上完全不同的结果.这可能对于线性和指数的增长不是很惊人的，因为两者是根据不同的上升策略为基础的.我们在此只想让人们回忆，线性增长是一个常值产生出来的，即每个时刻的已有数量无关于上升率.在选择矩阵第44页上，我们把相应的游戏方案用“不确定的”(S_0)来表示. 指数的增长相应地可以归纳为一个与已有的数量（线性的）相关的斜率.这是相互协调策略的一个特殊情况.

限制总是有的，在线性增长中不存在真正的竞争.(不变的)增长率简单地由一个下降率相抵消，个体数量以这样的下降率按照一个自然的衰减规律与它的现存者成比例地消失. 这样一[248] 来，与群体数量成常值比例的一个稳定分布就会出现(在第44页的矩阵中其状态是$+^0$).如果相反，下降率也是常值，即与个体的数量无关，那么这个系统就是不确定的(∞)并无规律地会出现各种可能的群体数量的波动. 没有一种情况会导致一个唯一的选择，而其结果就是全体不同的个体系统的共存，它们也可能出现完全不同的比例(见图49).对于自我再生的个体来说，它有选择的压力，总是要求共存有一个特别的稳定化相互作用，对此我们还要来作些讨论.

12.2 竞　　争

整体上的限制在指数和双曲的增长中(图50和图51)就导致一个完全不同的结果. 其中上升率和已有的集合之间的比例产生着一个唯一的选择.不同群体的共存在“饱和”出现之后就会消失，这已在第四章中清楚地描述了.指数增长的法则是达尔文意义下选择的基础。在现实中，当然会出现多种多样的变形.因为一般来说，没有一个唯一的边界条件.

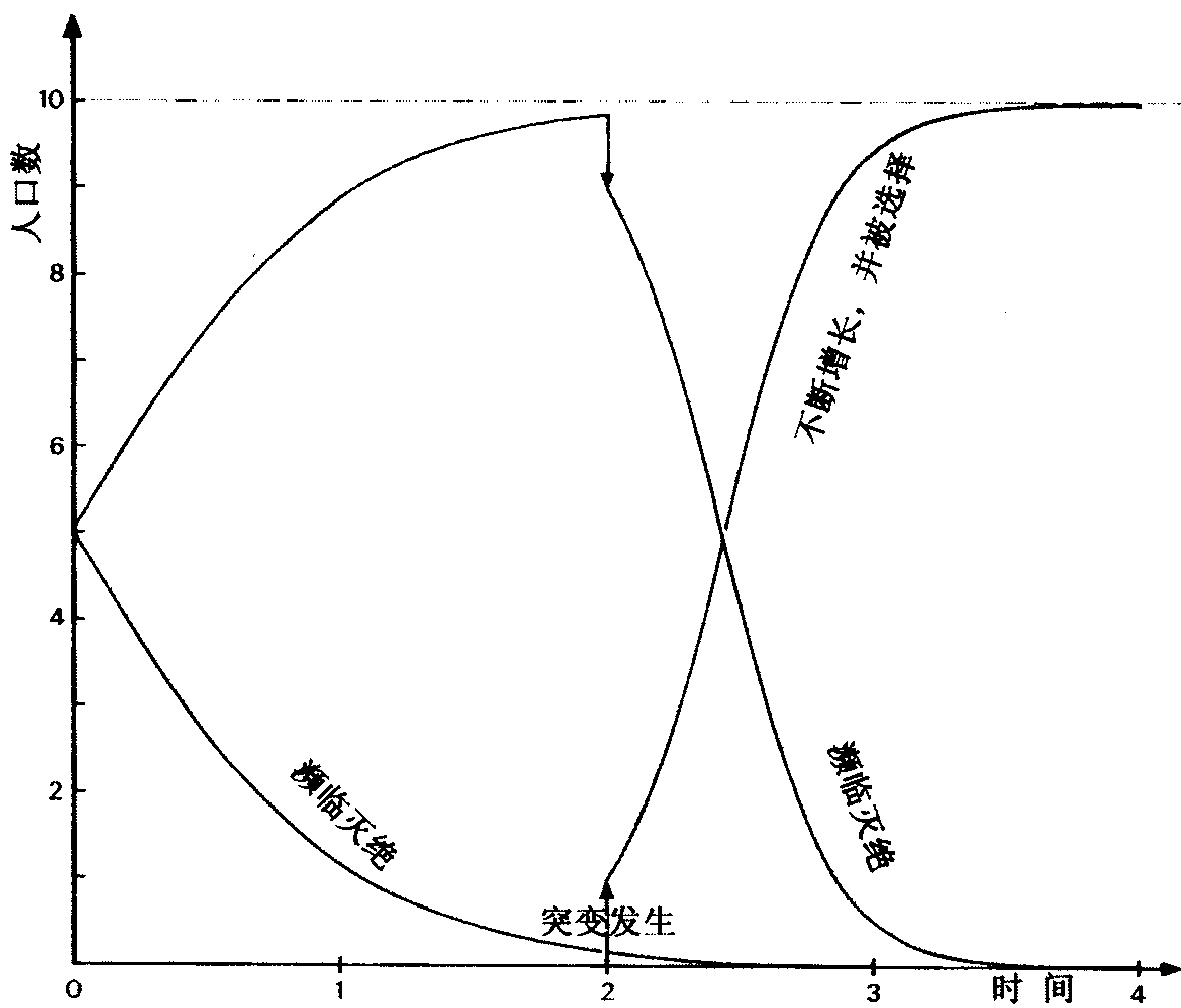


图50 选择是指数增长规律基础下，两个种群（蓝和绿）竞争的结果：蓝和绿的速度参量的关系（初始率）还是5:3.在这种情况下不存在共存.相反，位于下面的绿色分支濒临灭绝.一个以蓝色为代价的突变者（红色）能够很快生长，只要它能表示出有一个唯一选择的优势.在我们所考虑的情况下，红色（开始的）增长率如同蓝色的一样有相同的倍增.在这些条件下，红的不断增长并完全排斥了蓝色.

【249】

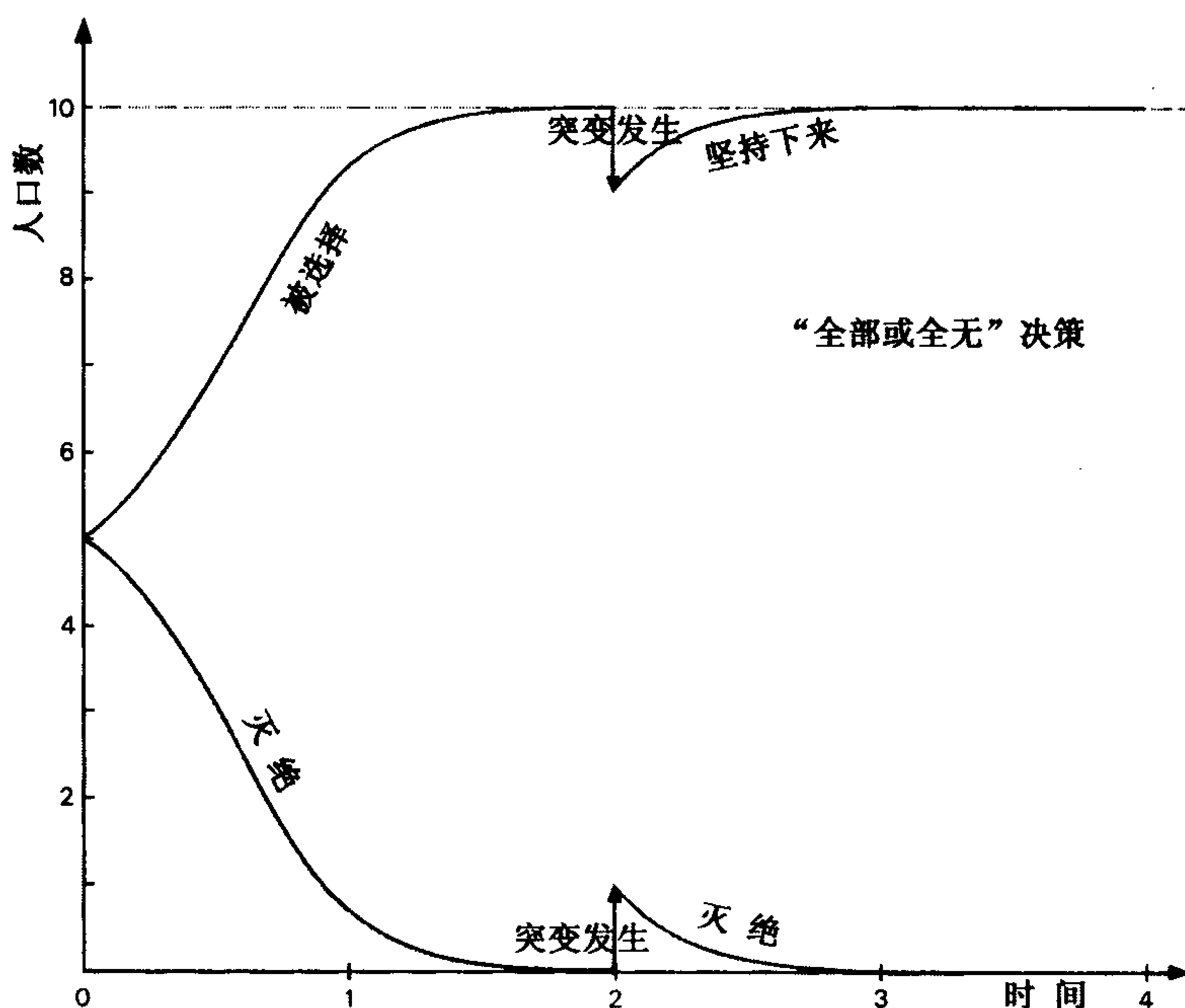


图51 一个"全部或全无"选择决策在双曲增长条件下是由于竞争所导致的.蓝与绿(开始比率)的速度是5:3.在这里像图50一样，紧接着的是一个选择——当然是以非常迅猛的形式出现的.这个一次性的决定是无法修改的,只要所选择的种群还是足够大的群体.一个突变者(红色),当它自身由一个速度参量来突出时,其速度参量如蓝色的那样上升,但是它不能长高.它的选择优势仅仅是表面的,因为只有在(几乎是)蓝和红有相同的群体数时,它才能起作用.为了排斥蓝的,红色的单个拷贝就必须要有一个速度参量,它能把蓝和红的群体数来平衡.只要这样的情况不会出现,那么红的总是要濒临灭绝的.

【250】

唯一选择这种竞争机制的前提条件是：

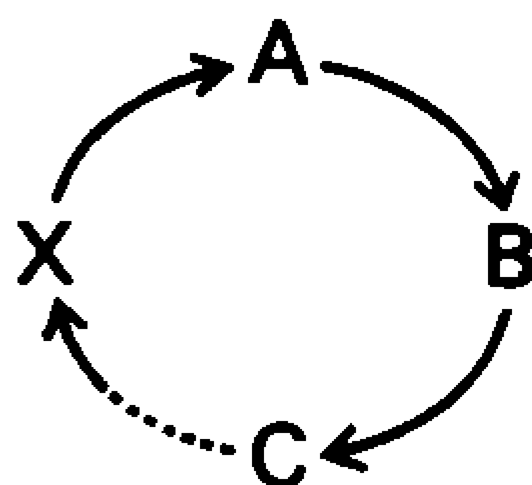
1. 所有个体是由相同的物质构成的，即它们(至少间接的)与相同的营养源相关联.

2. 限制迫使着整体的平稳关系，这就是说，所有参与者的总和是一个常数. 一类个体的成长总是要以另一类为代价的.

3. 不同的种群间没有稳定化的相互作用.

人们根据这些条件就可看出，为什么在生物圈中，虽有自我再生繁增，还会出现多种多样的形式，尽管没有任何一种形式被赋以绝对的稳定性. 进一步的理解也许还需要解释第三个条件. 【251】一个稳定的相互作用比如说它在一个自我再生的种群的再生过程中支持着另一个种群，但这样一个相互作用并不保证另一个种群要存在. 如果这个种群——大概由于一个有灾难性的波折——灭绝了，那么它就不会再新生出来，因为对它的再生缺少底模.

另外还有一种反应循环，其中个体种群不再能自我生成.在这里仅仅出现循环封闭性.A助长B的形成，B助长C的形成，等等，直到某一个产物X最终又使A重新产生.



如果在这个圈里包含了足够多的伙伴，那么它也就不会有波动性的灾难.除非所有的伙伴都将同时灭绝.核酸的繁增就是按照一个互补的循环图进行的.每个带都复制一个互补的拷贝，即一个“负片”，这个自身又转变为一个“正片”.就其整体而言，

是一个循环再生.这样一来,伙伴之间交替地相互稳定着.

正好与选择的条件相关联,还必须将"整体界限"这个概念说一下.在一个由不同的个体组成的系统中,它们可能被分隔在不同的区域,对于某种个体而言,不同方式以及区域也限制了直接选择性.而对另一些,人们可以"整体"地来控制,这就是说,所有个体组成的全体集合保持一个常数并将由系统的内在关系,即个体自身来调控,就像所有个体能适应于一个整体限定一样.

在关于"罗马俱乐部"的第一个报告,即登尼斯和都耐拉·麦杜斯[73]的增长阶段中,整体界限是主要的内容.对于这种建议非常正确的批评是一个整体限制的一些极不自然的推论. 在没有"整体控制形式"或者没有整体关联约束下,这样的一个结果简【252】直就是混乱状态. 自身调控就必须由整体的限制引起一场激烈的竞争对抗——可能出现的结果可以是整个系统的自身崩溃.我们将在下一章再次回到这个问题上来, 特别是选择方式强烈地依赖于人们怎样来限制和要限制什么. 人们可以限制能量的供应以及再生率,另一方面也可以限制势能以及集合的大小.由于地球上每个区域里自然现实的极大差别,值得好好思考的是:究竟是稳定人口的数目还是使人口与食品和能源的生产 (即供给)相适应.在落后地区,产品的影响力是很小的,下降人口便与现实情况相适应将会是明摆着的事情.在工业国家却相反,人口依然保持(大约)着常数,而且人能够控制所有消费品的生产率并将它相应地规范化.人口增长、消费品生产、有害物传播以及投资,所有这些,它们自身都有本身的规律性并相应地要求着合适的调控措施.

现在来考察第三种情况,即非线性斜率.首先人们将不会猜测,在一个有界系统中,指数增长的或者双曲增长的结果会基本上相互转变.这两种增长规律是基于协调策略(S_+)(见第42页).数学上来看,虽然双曲函数在规律上是指向指数"奇异性的",这是在有限时间中的无限点位置(见图44),但是一个有限的集合

是不会变成无限的. 换句话说, 在奇异性实现之前很长的时间里,由于限制的原因,它们就已经消失了.指数增长与双曲增长的本质区别在这里不起什么作用了.铀里的中子,它的指数繁增 【253】例如说,对于原子弹爆炸要产生的巨大力量是足够大的.什么比指数更强烈的繁增还能再添加进去呢? 同样裂变繁增的指数规律也是充分的,它足够唤起有限空间中唯一的选择;那么在双曲繁增中还能出现些什么呢?

事实上,在指数和双曲增长之间,有一个极其本质的区别.双曲增长的结果是"最终的"选择(见图51).相反,指数增长在限制下导致分支的再生, 这些分支相对于已有的竞争者可看作是最"合适的".如果一个新的、更好适应条件的变异者出现,那么它就会——当其优势足够大时——生长得很好并代替它的上一代(见图50).

在选择压力不是很强的情况下,就像在自然界中,这是完全占绝大多数的,在指数增长下,许多不同的物种相互宽容.只有这样,才能理解生物界中丰富多彩的方式.在进化中,再生在细胞的个体化阶段完成之后基本上是指数地进行的. 如果增长条件是双曲线的,那么就不会有五彩宾纷的多样性世界,即生物界最伟大的"交响曲".

在游戏中, 一个整体限制在竞争式增长中的后果可以直接的表现出来.

表格 13 游戏"增长限制"

我们游戏的基础是一个有64个格子的棋板和相应的一对八面体骰子.这个游戏只是为一个参加者设计的.应该备有64个黑色的球和同样多的白色球作为棋子.最好是将不同的方案连续起来执行,如果可能的话,次数可以进行得相当多.因为以这种办法,人们可以获得关于整体限定下,其效果的一个概况. 【254】

1. 方案:有62个格子布上黑色的球,只有一个格子放上红色的球,另一个格子空着.现在人们交替地投骰子来决定增加或减少,并按简单的协调策略$S^{\hat{+}}$来采取相应措施,这就是说:每次投出来的球在增加的情况下,增加一个,而在减少的情况下,去掉该球.(如果刚好投出空格子,则允许重投骰子.)增加和减少严格地交替进行确保了占据密度的常值饱和.如果这两种球中的一种被灭绝了,游戏就结束.

2. 方案:和第一种方案一样地进行.唯一不同的是:如果在为减少投骰子时,投出的是一个白色球(且只在这种情况下),那么就必须再加一次"是—或者—非"决策的投骰子(比如由投硬币来决定).只在"是"的情况下,这个白色球才从盘中除掉.这个附加的规则可以任意地变化,人们可以把"是—或者—非"决策用一个通常的投骰子来确定,这样出现"是"的概率就不是$\frac{1}{2}$,而是位于$\frac{1}{6}$到$\frac{5}{6}$之间.在减少概率是$\frac{5}{6}$时,白色球不被去掉的充分和必要条件是投掷出一个6来.如果出现的是1至5,那么留在棋盘中.

3. 方案:在这里方案2的规律成立.但是人们将用另一个棋盘来布球.当去掉白色球的附加决定的概率是$\frac{1}{2}$时,人们将用2个白色的和61个黑色的球来开始游戏.如果附加决定的概率是$\frac{5}{6}$,则人们必须布放更多的白球.人们可以试着用两个白色球,五个白色球以及八个白色球来做游戏.

4. 方案:放上6个白球和48个黑球,10个格子空着.之后开始投骰子并按如下规则游戏:对于增加的情况,每次连续投掷两次骰子.只在第二次投掷时,才放置棋子并假定这两次投出的颜色是一样的.(如果投出的是空格子,则可重复投掷.)如果两次都投出了白色,则允许同时布放10个白球,而投出的是黑色,则只放入棋盘一个黑色的球.对于减少,则完全相反,就像前一个方案一样,不管是白色还是黑色都将从棋盘中去掉.当然现在不再是严【255】格地交替投掷减少和增加.只要棋盘上有10个空格子能确保投出白色的球的增加,就应该继续进行下去.

我们必须告诫读者：这个例子仅仅起一个教学作用，在其进程中没有多少变化.方案1至3明显的是一个指数的增长法则，而只有方案4是一个双曲的增长法则.增加率和下降率对于白色和黑色都是与它们当时的占有量直接成比例的.

在第一种方案中，每个个体球都有相同的增加或者减少的概率.相反，在第二种方案中，白球的个体减少概率要比黑色的球来得小.此外，每个白球增加与减少概率的关系是每个黑色球的2倍.尽管如此，白色在第一种方案中几乎总是当第二种方案的游戏大约进行到一半时就输掉了，它只是在第三种方案中才可能获胜. 在这里我们可以认识一种特殊的有趣关系，如果我们——像所建议的那样——来变化白球增加概率和减少的概率之比例以及它开始时的球个数，我们将会确定出，白色能获得50%以上的获胜机会，假如它的初始球数与单个球增加和减少率的比例有一个确定的关系.

例如：一个已知白球格子和黑球格子的增加概率是$\frac{1}{64}$，这个白球格子的减少概率就是$\frac{5}{6}\times\frac{11}{64}$，而对黑色格子相反是$\frac{1}{64}$.其结果大约6个白球必须在开始时就应呆在棋板上，这样白色就可以有大约60%的概率获胜.

这个例子一方面说明，由于指数增长，一个新的分支，当它显示出充分的高度“优势”时，时刻都会生长出来并排斥它的先辈.但另一方面也可得出，一个占统治地位的群体相对于少数群体是由于素质条件受到保护. 如果一个新出现的变异者的选择优势只是已有野生型的选择值的百分之一，那么它就应该出现100倍的拷贝，这样它就可以达到多于50%的概率.如果相对优势是10%，那么为了达到相同的效果，只需要10个拷贝.在有百分之百优势时，则在大多数情况下，单个变异者会强大增长的. 【256】

新的变体必须带有唯一的优势，如果它想在竞争中成功的

话.这使人们想起了那些禁止条款(比如联邦议会的5%条款),用此条款,议会作为反对一些小的分散群体的保护伞,它们只是得到少数选民的支持.对于进化来说,以这种方式可以少走一些弯路和死胡同,就是说,如果为了每个微小的优势而去完全解散已有的系统并完全代替它,将是很不经济的.尽管如此,也决不能排斥,一个有很小的甚至没有优势的变体通过一个偶然的波动过程而壮大起来.这种现象是选择压力越小,它出现得就越经常,这就是说,当局部地允许一个高于平稳值的繁增时,这种现状就越会经常出现.

12.3 决策游戏

现在来看一看游戏的第四种方案. 它是以双曲线的增长法则为出发点的. 两次连续投掷就能遇到一个确定球类的概率是与每次单个出现的概率的平方成比例的.因此,这是通过所投出的球相对占据的密度来表示的. 球能够倍增的周期随着不断增加的球的数量也不断地缩短.

为了直观起见,我们再次考察一个具体的例子:把6个白球和48个黑球放置在棋盘上,连续两次都投到同一颜色的概率对白球而言是$\left(\frac{6}{54}\right)^2$,对黑球来说是$\left(\frac{48}{54}\right)^2$.(在分母中出现的是54,而不是64,因为空格子不算.)尽管白色球在两次成功投到后的增加是10个球,而黑色的只是添一个黑球,但是这个有效的白球在这里实际上仍是不可能成长起来,除非这个棋手在开始时,有很幸运【257】的一投能将10个白球添入到棋盘中;之后,当然会由于它的整体性,其增长要快于减少,这种趋势越来越强,最终黑球会输掉.这些数字在该游戏中是有目的地选择的,一方面,这是所选规则的结果,而另一方面又不完全排除其他的结果.

这个游戏的结果在使用非常多的球时,比如一千个球或十亿个球时将是非常地明显. 在开始的分布中有一个唯一确定的

阶段,这对于“全部或全无”决策是至关重要的,而且作为胜者而出现的物种在以后的进程中不容忍任何竞争者存在,这是双曲增长规律的一个典型结果.在这里每个个体种群的繁增率不是简单的一个特征化常值(如指数增长时的倍增频率),而是它另外还作为一个因素包含着已有(同一形式的)种群的数量,因为这是它们的反应对象.如果一旦一个群体建立起来了,即它的个体的数量是百万或十亿或者更高的数(比如说,这是大分子的最小数目,它在实验中大得根本就无法验证),那么一个起初是作为个体而出现的新变异体要对付这样一个庞大体就无能为力,它的增长率将在起初阶段是非常小的,它也总是带有某一些优势.

完全不同的是那个指数的增长机制,在这里优势为了得到相同的向上增长,只需要克服相对很小的统计禁止条款(见第257页).这种禁止条款只是用百分比来衡量而不是,如在双曲增长法则中,用分母的大小方幂来衡量的.

在发展方式中,由简单细胞分裂,或者确切地说,由性-重新组合的移植中产生的增长规则完全是有指数的特征的.当前人口爆炸的双曲阶段不是归结于相一致的一个非线性斜率,而其【258】原因在于平均期望寿命的提高,这就意味着更多的人达到了性成熟年龄,这被称为是一个过渡阶段.

在生命的早期发展阶段,当它触及的是有再生能力的系统分子的自我组织时,肯定这个系统中有位于内在的一些机制,它们能够引起双曲的增长阶段.在立法和执法意义下,核酸和蛋白质的任务分配必须是以一个非线性的再生规则为出发点的.原始系统的增长率曾与核酸的出现有关,它含有系统结构的信息.另一方面,它又与有功能作用的蛋白质的集合成比例,这些蛋白质又与将它们译成码的核酸互补.这两种分子系统结合成为“有生命的”、能自我再生的单体,大概是一个原始-细胞,不必在一个唯一的步骤中来实现,但必须在某一个时间通过分子对象间高级的循环结合被确定下来.每个核酸都表示一个小自我再生

的循环(正的⇌负的).在那个由链结产生的"超循环"中蛋白质在核酸再生单个循环之间发挥着功能性的联接作用.(核酸可与今天的基因来比较.)一般地可以证明,只有当高级的结合自身又一次循环式地运作时,即当结尾与开始相联接时,一个合作整体才能出现.

由此就实现了以下两点:

1. 互相联结的个体是相互依赖的,因此是共存的.在共同的循环存在区域里每个个体成员是稳定的.

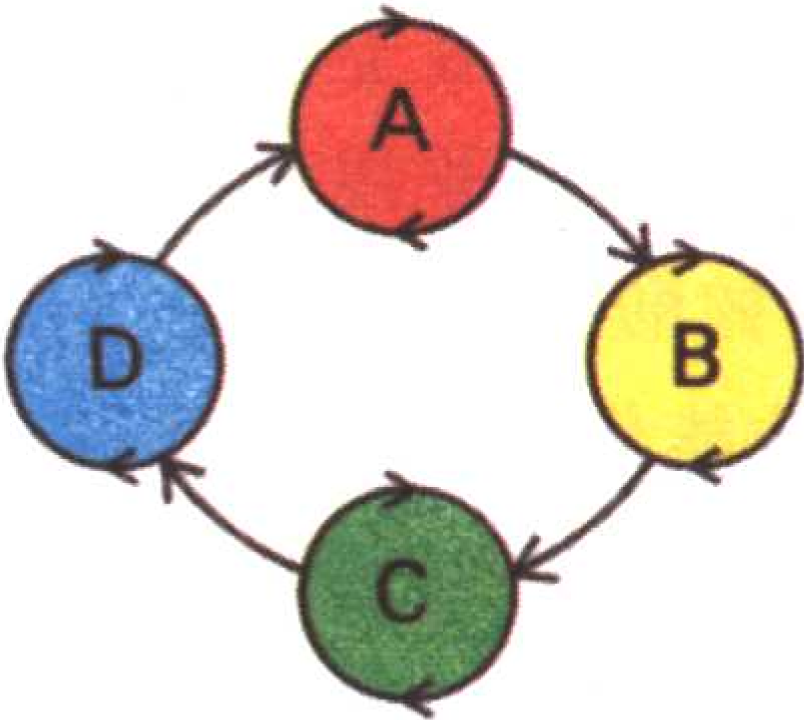
2. 作为整体的循环对外是极其富有竞争力的,并且能产生一个不可逆转的"全部或全无"决断.

这样一种系统的特性在一个游戏中可以非常好地来加以研究.【259】

表格 14 小球游戏"超循环"

一个超循环表示的是由自身能够再生的单体循环构成的一个循环联接.

单个循环 (A) (B) (C) 叠加式的循环联接而闭合成为一个新的组织形式:



那些先前在单个循环间存在的竞争通过联合转化为一种互助.由于非线性自催化式的增加率迫使在不同的超循环之间产生一个"全部或全无"

选择.

在我们的例子中,其基本点是一个简单的,由4个子集构成的超循环,我们将用抽象的关系图:


A+B+M→A+2B


B+C+M→B+2C


C+D+M→C+2D


D+A+M→D+2A

来描述它.

A=红,B=黄,C=绿,D=蓝.

M只是引入的一个形式,它是一个种物质,从它那里A,B,C,D以自催化的关系得以产生.

我们使用一个8×8坐标分布的棋板以及相应的八面体骰子,还需要有足够多的四种颜色的备用球.开始时人们在棋盘上放入每种颜色的球16个,使得所有格子都被球占着.然后开始投骰子,即交替地投骰子来决定取掉和 【260】 增添.首先把所投出的格子的球拿掉,然后再投一次骰子,这时所投出的格子上的球允许且只允许增加一个,如果它的四个正交相邻格子中的一个格子是由一个在色谱中先于它的颜色的球占着,这就是:

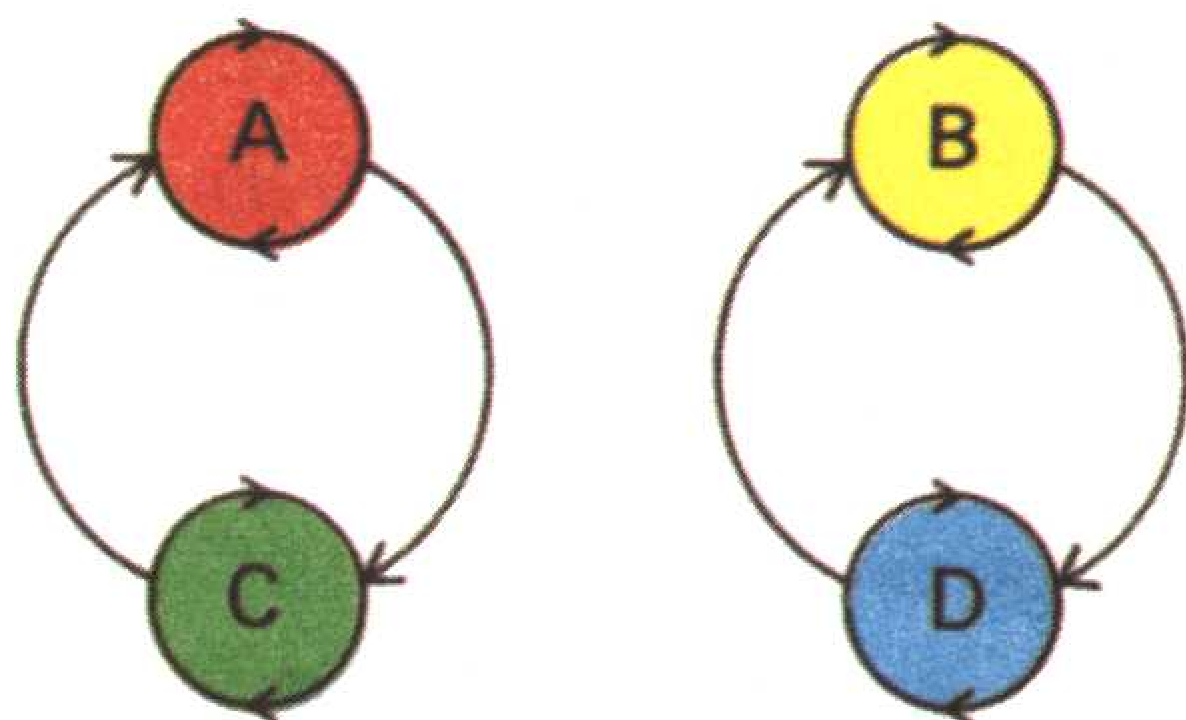
红(A)之前是黄(B),黄(B)之前是绿(C),绿(C)之前是蓝(D),以及最后一个是蓝之前为红(A).

这个新的球——它与所投出的球有相同的颜色——放置于先前投掷去掉后的空格子里.这两种过程不断地交替重复进行.

这个游戏与选择游戏有一定的类似之处.由于高级的连接,不会有球颜色的一个系统的选择.尽管这样,也不能完全排除由于一个极端的波动,一种颜色的球会灭绝. 球的个数在严格地交替增加和减少下首先是不断地下降.对此人们也可加以阻止,即当有一个成功的倍增时,那时人们也就摆脱了这种下降.在这个模型中位置坐标只起了一个中介的作用.在倍增时,新进入的球被放在与其他没有关联的空格上,这一事实描述着反应对象常常是相混杂在一起的.在这个游戏中,把单个颜色球的“将要变成”和“已变成”表示了出来.随着时间而变的上升和下降对这样一个循环来说是典型的.在

棋盘中有一个球分布的振荡,其中所有的颜色都是以循环的序列来运行的(见图52).

下面的游戏变化描述了两个超循环间的竞争. 用四种颜色的球可以来定义两个相互无关的超循环:



两个游戏者交替放置棋子.其中一个人拿的是红(A)和绿(C),而另一个人拿的是黄(B)和蓝(D).关于相邻关系,这里每个棋子需要的是它相对的互补颜色.人们交替投骰子来决定添加和去掉棋子.这就是说,每个人只在他投中自己的两种颜色的一种时,才能走棋,否则就错过,轮另一个人投骰子.在成功地投中添加(倍增)时,他可以任意拿掉对手的一个棋子.游戏在一个对手没有棋子可走的情况下就算结束.

【261】

这个变化是另一个双曲增长下竞争决策的例子,振荡在两个循环下没有出现.

我们让计算机按游戏的第一个方案进行非常多的步骤做这个游戏.其结果就是图52所示的.请人们注意,这四种球位置明显的振荡和它由于波动其灾难的终结. 当其中只有一个分支死亡后,这个循环就中断了.这样,这个分支就不能再重新产生,因为要再生它需要一个现存的拷贝.

我们可以来想像一系列不同的超循环.维也纳大学的皮特·舒斯特把它们根据数学特性 (如非线性方式, 分支的接合程度等)作了分类.派生超循环的前提条件在半生物的发展阶段是完全具备的.那些在生命起源历史进程中发挥作用的个体循环,它必须建立在一个能保持非线性斜率的机制之上. 一个简单的线

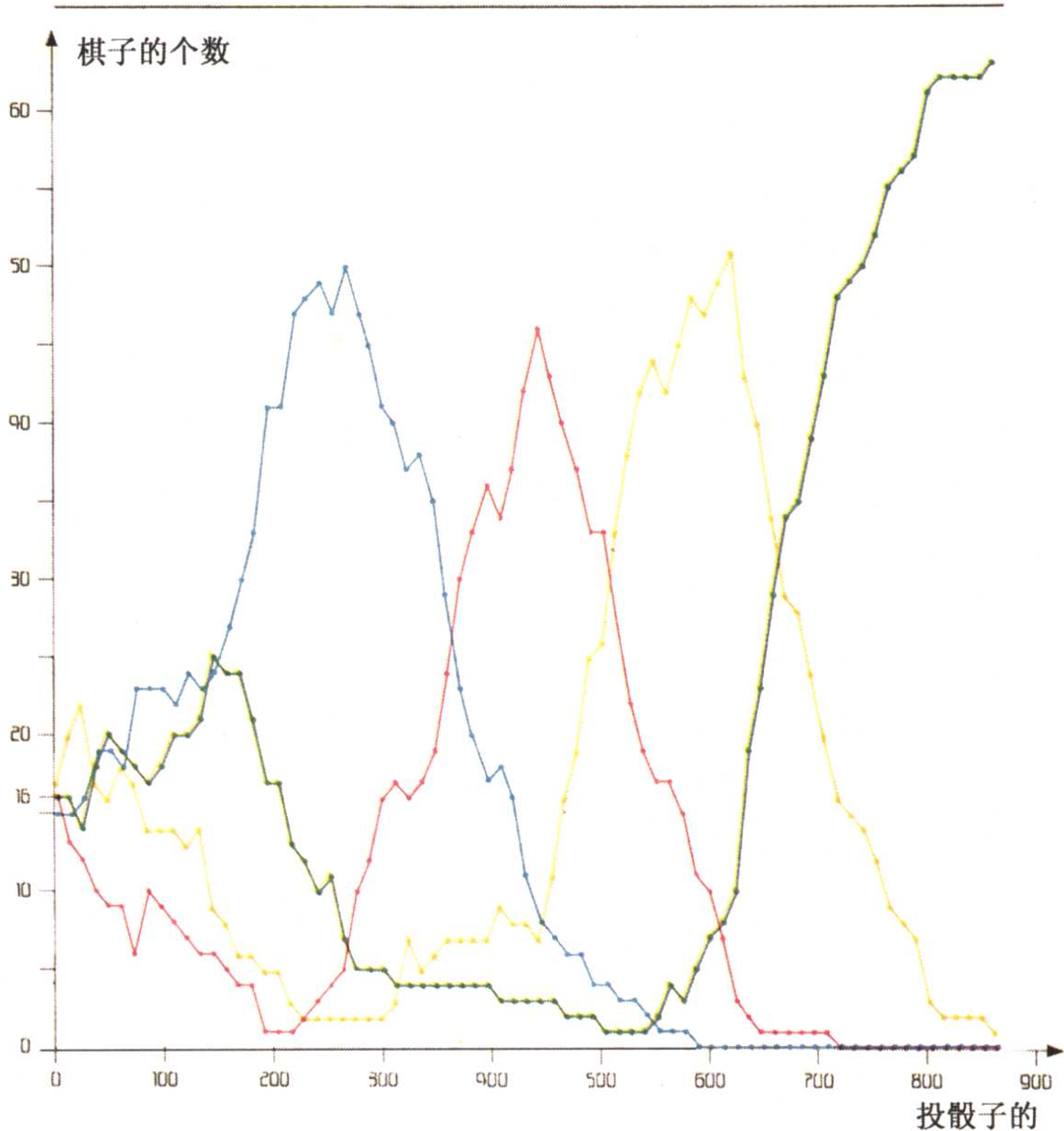


图52 一个“超循环”——游戏的计算机画图.这个图说明，单个的群体A(红),B(黄),C(绿)和D(蓝)是如何与投骰子的数目相关而变化的.这个循环由于一个波动灾难最终自行消灭了. **【262】**

性斜率——由它来产生一个指数的增长——将是无法解释立法机关和执法机关之间转换关系的产生. 由于这种转换作用产生了遗传码,其结果又要回到“全部或全无”决策上来.所有的生物,从大肠杆菌到人类都使用这个相同的广泛码图表,这也包括蛋白质.从这个事实,人们首先推得,a)必然有一个生命的共同

起源，而且b)这个原始事件是如此的罕见以使在关键性发展时期的进程中，只有唯一的一次取得成功.(与第7章，第145页关于左手系起源的讨论相比较.)

第一个推论必须作为正确无疑地加以承认. 假如有许许多多的互相无关的原始事件发生，那么在生物界就应该有不同的码图和结构图存在.

第二个推论就不是那么必然而且很可能是错的. 这里非常引人注意的是，所有那些对生命的发展所必须的个体事件，尽管【263】它们被认为是绝对唯一的，还能总在适当的时刻发生.我们更有理由来假设它们原则上是相对经常地出现，因而自然地就会有许多同类者，并能相互组合.这样就产生了多种多样性.于是关于码和左旋问题在历史上的独一无二性将不是生命起源一次性的标志，而是在许多同类者间"全部或全无"决策的结果，而这种决策是在双曲增长阶段唯一的最终选择出来的.

像上面所描述的这样一些玻璃球游戏，今天在许多实验室里都可进行，但是，不是用玻璃球而是用分子：把核酸作为分子信息储备器以及把复制酶和分解酶作为分子的粘合和剪断机器. 细菌和病毒能被分离出来并且——如在第13章将要说明的那样——在"生物反应物"中，可以控制的外部条件又能"发挥作用".自然界的这个游戏在这里由人类来模拟实现，其规则与我们的小球游戏一样，但这个"生命游戏"的进行要求有无限多的细节知识、研究者的技巧和幻想.

与一定的增长规律中一个整体界限相联系，我们的球游戏的结果可以总结如下：

1. 线性增长总是导致群体密度的共存，这些群体的密度(平均说来)是由上升和下降率的关系来决定的.

2. 指数增长和双曲增长有某种方式的一个唯一的选择作为其结果，只要不同物种间的不稳定互相作用不迫使它

们去共存.

3. 在指数增长的情况下"有能力"的竞争者(它们是具有明显意义的选择优势)时刻都会壮大成长.相反在双曲增长的情况下,这种情况实际上是完全不可能的,只要一种群体一旦具有能力并已经建立了起来.

4. 规则2和规则3以唯一的方式成立只能当没有功能性的结合存在于竞争者之间的时候. 存在这样的结合既可以引起所涉及的伙伴间交替的稳定化, 也可以使竞争更加剧烈,甚或所有物种完全绝灭. 【264】

这个超指数的(双曲的)人口增长,我们目前在世界上的几个地方看到了,是归结于一个相互联系的合作效应,它只在一定的增长时期才能看出来. 一旦世界各地年龄的金字塔变成筒柱形状的分布时,这个时期就将会结束.由此而来的是否能和平共处或者更激烈竞争甚至全球性灾难, 极为敏感地依赖于自然的边界条件(原材料来源和能源,生态被平衡利用的思想)和相适应的人口控制措施. 【265】

第13章 从生态系统到工业社会

一个经济体系——类似于一个自然的生态系统——受到许多因素的影响.在热力学确切的关系中相对应的最优化关系可由游戏理论来导出并建立起一个定量的、分析的经济学.

一个力学系统基本上是流和力以及势来支配的. 对于增长的调控, 在一个有界系统中有一个流或势规则的精巧方法, 它能适应于所出现的繁增过程的特性并把不稳定性或者灾难排除掉.

【267】

13.1 分析经济学

游戏如国际象棋或围棋都说明,从一个简单原理的不断重复来衍生出一个复杂的情况是多么的容易. 但经济都是以现实为基础的,就必须探索在多大程度上,能够通过已认知量有效的和在确定边界条件下熟悉的基本力学,对事实进行分析,可能的话,还要加以干预.在简单规则指导下,对非常复杂的经济现象或社会现象进行成功地分析有一个很深刻的例子.

在麻省工学院任教的经济学家保罗·赛墨艾森在他的诺贝尔获奖演说[74]中指出了定量、分析的经济学的可能性,同时也指出了(如:勒·查特莱原理的例子)经济的最优标准和热力学的平衡关系之间的平行性(热力学在第8章我们已经讲到了).

所谓勒·查特莱原理,人们亦称它为最小强制原理,是一个阶段有效的——遗憾地是常常被错误地解释——热力学原理.

在其可追溯到卡尔·威格纳和马克斯·普朗克的精确表述中,这个原理的普遍有效结论是关于这样的事实的,即当许多力和原料因素受到影响时,一个物质系统对外部力的发展是如何反映的.

当打气筒里的空气被压出时,不仅空气自身的体积减少,而且空气自身也变热了.勒·查特莱原理首先所表述出来的不是体积减少这样的平凡结论,而更注重的是这样的事实:人们缓慢地压缩空气使得能与周围发生温度上的平衡,与人们把气筒孤立起来不让热量流掉而让空气相应地变暖相比较,前者体积绝对要比后者大.能容易地认识到这个事实就意味着我们直觉有一定的能力.在一个密封容器里的空气在较高的温度下会对容器 【268】 壁产生更大的压力,这种想法也许是有益的.如果人想让气体的温度在压缩时上升,那么为了平衡外部作用力只需要微小的变化容积就行了.

那么这个热力学原理与经济有什么关系呢?赛墨艾森发现,力与其效应间类似的关系在经济中也是有效的.

对此,我们来考察一个例子:工资与工时或者物品价格和物品量互相间就有一个类似的关系,如同热力学中力的变化和集合量的变化,即压力和体积或者温度和熵.在自由经济中,工资或者价格的提升,其结果总有消费下降.如果一个做家务的人每小时的工资从6个马克升为8个马克,那么人们——在经济状况的迫使下,为最佳使用自己的固定收入——将来只能雇得起很少的人来做家务,这是显然的.

现在我们来区别两种可能的极限情况:

1. 尽管长工资,所有消费品价格仍不变.

2. 对消费者的物品供应是定量分配的,以及消费者并没有因为大家都长工资和价格提升有意改变自己相对的消费习惯.

商品的定量分配我们大多数人在战争中和战后都经历过. 类似地方式在今天的许多国家仍然存在，即人们尽管节俭用钱但由于商品缺乏还是无法把自己的钱花出去，因而被迫保持消费不变.

在所说的雇用家务人员的例子中，显然是人们选择第一种情况将大幅减少雇用工的时间，而不是第二种情况，因为如此一来，自己预算中相对较大的一部分要用于商品消费——它的价格是保持不变的. 值得怀疑的是人们不限制消费并且把职员的工资的提高通过减少工作时间来实现（如果不能完全放弃他们的帮助）.

值得注意的是，所有这些能起作用只有当下面两个条件满【269】足的时候：

- 所有其他的——由工资变动所可能影响到的——因素能够得到控制，即它们仍保持不变.这在热力学的封闭系统中是一个前提条件.
- 人们把——在工资变动前后——自己的支出(依据个人的价值观)最优地分配着.这种情况在热力学中意味着：方向性的平衡.

如同对于每个材料个体来说压力和体积或者温度和熵之间的平衡关系是通过当时的压力和特殊的热量支配着一样，每个人也有根据个人口味而确定的消费支出分配原则. 重要的仅仅是人们能坚持自己的自身规范并且不是常常随意地改变它，否则与此有关的结论是不可能的.

在经济生活中人们与——就像一个复杂的化学合成系统——许多这样一些“共轭”的变量对有关，它们以多种方式相互之间结合在一起. 我们只要想一想一个大的康采恩中的原料—成品—工资—价格关系就行了. 相应于出现热力学平衡所

需要极小自由能量的条件就是要求销售或利润达到最佳，而这个在游戏理论的基础上又能得到实现(见第2章).当一个很大数目的变量对共同确定着企业的经济时，问题就不能仅通过直觉来解决.这里就要计算其全部的因素和准确的互相关系，它们标明了“最小强制”之路.这些由游戏理论为前导和由赛墨艾森及其他经济学家推得的规律把经济学带到了一个可分析的经济，其贡献是公认的.当然必须强调，这些关系严格成立只能是在前提【270】条件的确被满足或者至少具有支配性的影响的情况下.在物理实验中，人们无需多少担心.相反，经济学家，他们对经济作些决断时，就必须经常以(或多或少预计准了的)假设来作为出发点.

如果与时间变化相关，那么关系就会更复杂.在现实中，即涉及非平衡状况时，人们几乎从没有遇到过可逆关系，而这都是热力学平衡理论的基础.同样在经济中，一种商品的绝对量不怎么起作用，而起作用的是它的生产率和销售率.对于企业内部的决算，首先是“现金流动”相对于整个企业资本的关系有着重要意义.这个“现金流动”，顾名思义，是一个流动量，它由在一定的时间里的赢利、折旧和准备金一起组成.(外部施加的)力量在这里确定的不是简单统计式的平移，而是一个动态的随时间而前进的变化.

13.2 流 和 力

在物理学中，勒·查特莱原理今天仍然用于刻划平稳状态下流和力间的多面性的互相关系. 一般化原理的确切表述要追溯到然哈特·施吕格和伊丽亚·普利勾什尼.

在此我们不想来叙述这个原理的抽象定义.只需要知道，它位于一个序之中. 首先要说明用哪一种符号相应的流来反映力的变化，其次，这种效应的相对大小是如何与其他的力和流参量相关的.

约束在动力系统中既可以通过人为的调控来强制实现，也

【271】可以通过保持不变化的流来控制.如果力和流的关系是变的,那么这两种方法可能有截然不同的效果. 这时的约束将不是相同的约束,人们必须细心地判断,哪一个是较为适合的方法.

力控制或流的控制在限制增长方面的影响, 可以在进化反应器的有界生态系统中做实验性的研究.在反应器中——其框架如图53所示——产生了不同种类的、壮大成长的个体物种间的一个竞争,在这里涉及到的是核酸和一些替代序列,它们在有自由细胞的介质中当作自我再产的底膜(比较第306页).在此,它们需要一套分子机械设备, 由酶和控制因子组成, 这些要么通过"本地"物质的不断供给——所谓的环境条件——被使用,要么它们作为进化因子本身就是产生循环的一部分.对于增长负有责任的力参量是化学的亲合力, 它是由参加消耗的分子——特别是能量充足的粒子——所构成的整体方式来决定的并能在凝聚和稀释中变得规则化.这种合成物质的流在反应器中(以及从反应器中反应物的分离)表现出的是规则程度,这是容易处理的.

对于一个有限增长系统的操控,两种极限情况需要考虑:其一是人们让流保持不变.这样随着消耗速度,整个集合以及反应力"自动"地相适应.换句话说:在反应器较高的消耗速度下浓缩度逐渐变低.在减缓消耗速度时它就升高.其二是,人们让整个集合保持在一个常值水平, 其中人们依据消耗速度来连续地调控流.比如说,如果出现有较高的再生率的突变者,那么就要求相应地追加能量充足的基本粒子.

在这个模型中,这两种规则的不同效果可以直接看出来.在【272】限定流的情况下, 能量的消耗是固定的, 生产率将使自己相适应.在限定集合或者力时,能量消耗就必须使自己不断地相适应.催化代谢的程度越高(在均匀的反应力下),能量需求上升得越多, 一个这样的规律是以一个无限制拥有能量充足的基本原料(营养品)为前提条件的.因此它也就很少产生危机.流的不变将容易导致在自催化繁增种群中大的波动. 比如说, 为保持超循

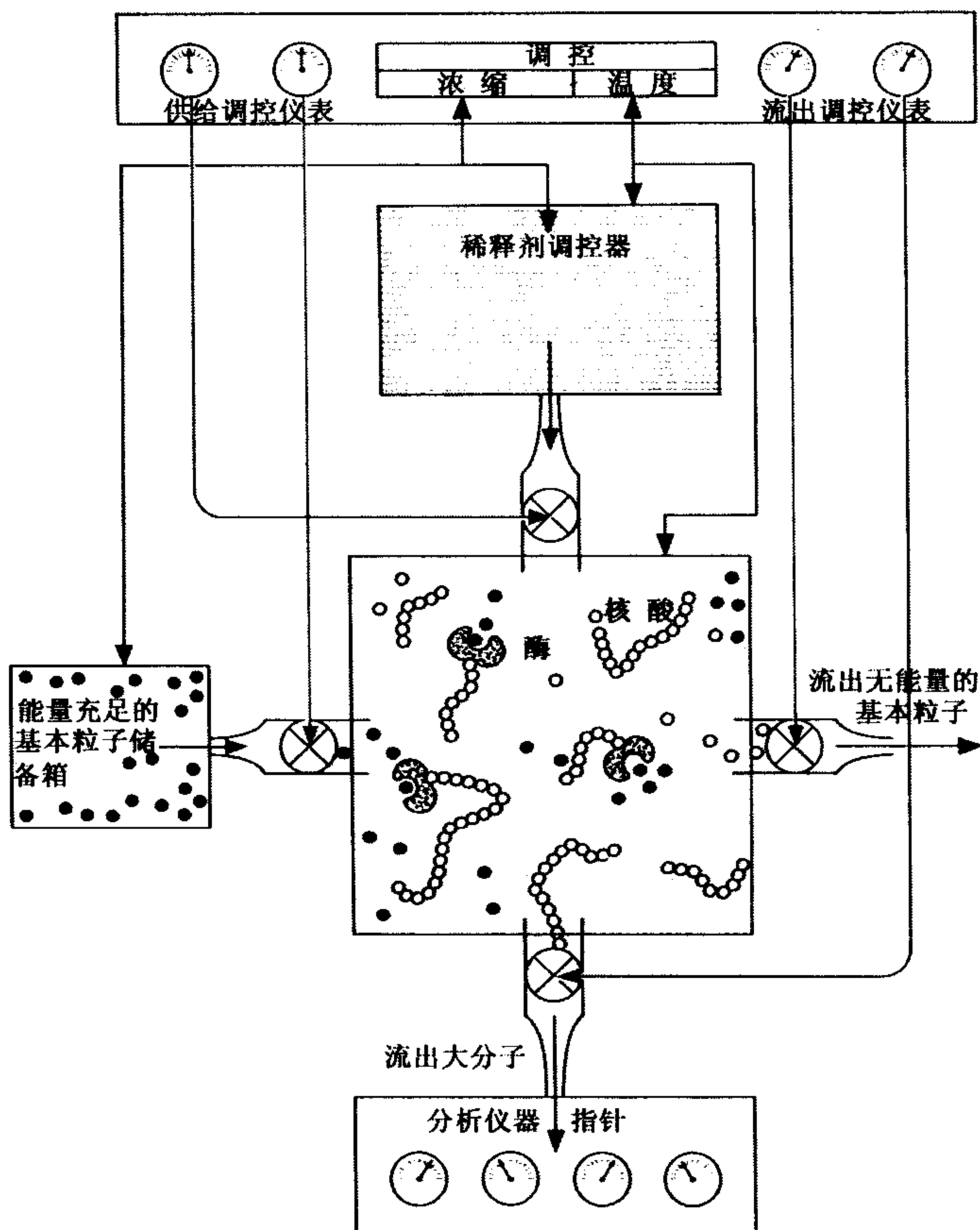


图53 进化实验图.能量充足的分子基本粒子(●)(基本粒子A,U,G和C型核苷磷酸盐)的集合以及一个溶液介质,它包含有必需的缓冲,盐和其他因子.合成的大分子(○○○○○○=RNS)和能量枯竭的粒子(○)(核苷单磷酸和焦磷酸盐)能从反应器中流出.在反应器中还有——罐状浓缩——酶(复制物),它能把核酸基本粒子连接成一个链.为了达到不断地控制和分析反应器中分子结合的情况,给基本粒子做上放射活性标记,这个进化机器既可在有均匀供给能量充足的基本粒子情况下工作,也可在保持系统中均匀的浓度下运作. 【273】

环的生存能力,就必需有一定高度的浓缩水平(见第263页).在一个很大的浓缩变化下,个体的反应对象可能会死亡,由此整个循环也就崩溃了.

在植物和动物王国里, 增长是与许多相互纠缠在一起的生态过程相伴随的, 这些过程必须适应于形式非常复杂的一些边界条件,其中使得集合或流不变化,这样的极限情况非常难以实现. 这一点对于经济和社会中所有自然的增长过程也是对的.关于一个集合的限制或者流的约束所占的份量问题, 我们试图单独作一讨论. 在此人们必须对每个个体情况有效的前提条件详细检查,从中来确定,哪一个方式的规则是最妥帖的.系统的稳定性在约束增长中是不容怀疑的.

在流的控制和集合量的控制之间所存在的区别同样也出现在选择游戏中,球都有"自我再生"的特性.根据游戏的规则,投中的球可以交替地倍增或者被拿掉. 增长率仅与当时涉及到的球集合相关,而不依赖于某个"建筑材料"的可用性,而这个规则的合理性只是在到处都有充足的, 而不是少的可怜的球集合时才有效. 增加的球或者被拿掉的球是对保持游戏中球的总数不变起作用的.首先是在第三种游戏方案中,流的速度之变化清楚地表现出来了:位于游戏中的球的"价值性"越高,那么为了在下降周期里达到平衡,投骰子的次数就越经常.这个游戏,事实上,【274】模仿的是一个进化实验,对此,人们每时每刻都可在反应器中来进行.

同样, 另一种极限情况——即流为常值时——也可在游戏中来模拟.这时人们就得把增加和减少让随机来决定,只需将它们的概率相互适应就行了.当球的增加和减少的出现平均来说是一样的经常时,就必然会在某个时刻降临一个波动灾难,此时整个群体就会灭绝.在严格地交换进行减少和增加时,这种可能性就不会发生.在转盘赌博时,每人都会感到这种不稳定性,如果他用有限的赌注来玩并且不过早退出游戏的话.因此,在统计上,人

们称这种情形为"游戏崩溃".只有在连续的集合量规则下——但这是在有无限的储备情况下——这样的毁灭才能确保不会发生.

在历史的进化中，当然不存在什么强迫坚持任何一种确定的规则机制,由于自然边界条件的原因,一般来说,流的规则和集合量规则的某种组合是会产生的.

肯定的是,进化中的开始情况是先于常值集合量状态,能量充足的物质为了大分子的构成首先是相对"不干扰的"自我繁增.只有通过这种附有原始代谢机能的"原始生命形式"的自我繁增,这种增大的物质才被有目的使用并以(或多或少)不变的比率再提拱.由一个几乎是不变的集合量组成的"理想"方式随着不断增加的消耗就变成了由于流的限制而受到约束的短缺情况——在这里个体可以说是勉强糊口地生活着. 植物的生长是与太阳所发出的平均光流的日循环以及年循环相关的. 自然界中的生态平衡就是以这样的节奏来运作的. 【275】

13.3 界 线

人类用自己的技术把平衡严重地破坏了. 在自然界中储藏的古生燃料——聚积了丰富的太阳能——将在可以看到的时间内枯竭.煤和石油是化学工业不可替代的原材料.人们无法长久地将它们就这么简单地烧掉,特别是作为燃料来使用.在许多原材料中,经济必须位于一个循环过程,对此就又需要进一步提高能量消耗.

人类正处于一个十字路口.

如果想在将来用太阳能来(基本上)满足能量需求,那么就必须要有能源危机感,以此坚持不懈地节约原材料.

难道人类不应该——如米海罗·麦沙诺维奇和爱德华·皮斯特[75]所说的——建立浮士德式的公约来使用核能?它将会解除一切储藏忧虑,当然对此就必须容忍一些无法估量的后果.

太阳发出的能量在每平方米的地球最外大气层表面是1.3

千瓦,能到达地球表面的只是大约一半,而另一半在大气层中就已分散和反射掉或者是为保持大气层的气流而消耗掉了. 如果人们平均来算每天和每年的时间，那么在最有效的条件下——大概像在一个很大的沙漠区域——地球表面每平方米也只有大约250瓦的能量可供使用.在联邦德国,平均可见太阳光时间仅达到整个日常时间的30%至40%,这个值明显是很低的.以“传输”能量形式转化的效应,现实的估计也许只有10%~20%,要对五千万联邦德国公民每人平均提供2千瓦的能量——这是1985年大约每人所需的最高估算,它相应于1 000万千瓦的整体需要量——人们就必须把联邦德国2%的面积无缝地安置上太阳能【276】接收系统.如果我们再想一想增加能量需求,这在循环运作的经济中必须如此,那么马上就需要再开辟一个场地,这将是和目前整个已开发“建筑的”联邦土地面积一样大(大约7%).《罗马俱乐部》的作者们也建议,在地球的最大的荒沙滩上安装太阳能设备.但这样远距离并且跨越国界的能量传输又引发了新的问题,况且不说，这样一种全局性措施的运营进一步还依赖于全局性的强权控制.

如果这样一个项目在什么地方可以实现的话，人们就应该毫不犹豫地去实现它. 考虑到庞大的空间和许多还未解决的问题,对我们来说,现阶段建立一个“浮士德式公约”似乎既没有基础也根本就无法起作用. 对于原材料本来就不富足的欧洲国家来说,这样的一个“禁止”就是给这些工业国家宣判了一个死刑.

正好就是在现阶段有许多谈论核能利用的冒险性和危险性,这些不应该也不可以只当是说着玩的.其危害在于事故中引起可能的环境污染.一个危险就在于“爆炸物质”的产生,它可能被滥用.这种物质主要来源于快速孵化者,它完全能保证核能的经济利用.是否有一天真正地需要去动用放射性“燃料”的整体储备，这是依赖于是否能够对危险不太大的聚变反应堆在技术成熟方面取得成功.原料方面的担忧几乎是没有的,但是人们也

并非没有危机. 对于任何一种形式的能量开发都有一个完全基本的环境问题，这是由于整个能量最终转化为热量并被大自然所吸收和承受.所有这些都得小心谨慎,但它们都是可以解决的问题.

相反的问题是，如果我们搁置甚或放弃核发展和试验,将会带来哪些危险呢？问题不是有没有危险,而是哪一个危险比较大;是不发展核电力,还是发展它呢？其后果都是影响着一代代子孙的.我们的错误、我们的放弃都将是无法或者很难再改正的. 【277】

一个绝对没有危险的未来是不存在的. 一个生活着数以亿计人的地球——自身作为贫穷社会——能够没有危机的生存,这是一种幻想. 同样也不能排除地球再次与一个巨大的流星相碰撞,并由此以核战争规模的灾难被撕裂开来.这种危险——像沃尔夫刚·根特纳前不久指出的那样——是非常小的,但并不是绝对的不可能.同样,发生很大的反应堆事故——专家们给我们计算出来——平均百万年也不会超过一次.

最后还有一句话要说给不同的、在过去数年所进行的一些项目研究.首先是给“罗马俱乐部”的初始研究,具有优先意识的是模型探索,这在麻省工学院由杰·佛瑞斯特和他的同事们进行过实施，这些构成了登尼斯和杜尼拉·麦多夫[73]所发表的“第一个”增长研究的基础,同样也是所谓的“第二个”关于“罗马俱乐部”报告的基础——这是由米海罗·麦沙诺维奇和爱德华·皮斯特撰写的.这些作品的作者无疑得到了他们所要的,得到了世界公众性注意,而且其研究变得热闹起来.当然这些报告的作者自身也不可能说,如果不让整个系统的稳定性处于危险,那么究竟现在要做些什么呢？

当所说的年轻人的报告清楚地展现在面前，将会引起许多问题的思考：

- 这些问题在实质上和细节上的解释是多么的重要.
- 有大量激动人心的问题在这里等待着解决,其中需要新的想法,不仅仅只是给计算机填满大量的数据,最后还有
- 如果我们用醒目的标题在政治舞台上来宣传，不断地要求做出限制，而并不知道在何处能正确地着手处理问题，从而将整个人类的生态和社会系统就这么简单地当作一场游戏,那么我们从中得到的帮助就少得可怜.

【278】

总是要提到生态领域中的自然规律.其中人们常常忽视了对相对简单的生态情况下，它的解决方案的复杂性以及后来严重效果的考虑——因为是非人性的.如果我们想要一个纯粹的生态规律,我们只需要让这些东西自己去运作就行了.但这个由自身发展得到的平衡将不会是那个我们作为人类意识的东西.

对增长界线问题做一个统一考虑不是合适的，如果涉及到的是很不相同的现象,如

- 人口的增长
- 能量的消耗
- 资本投资
- 商品生产
- 环境污染

等等,我们必须加以区别.

在优先考虑的名单上“人口控制”——我们是有目的地选择这个下面将会出现的术语,它的英语标题是“population control”——将它列为第一位,它也是解决其他问题的关键点,对此我们应该清醒地认识到. 人们很容易把环境的一团糟简单地归纳为——比如说——不断加剧的技术更新和工业化. 人们可曾想

过，一个具有几百万人口的城市，当所有人像今天一样开车上班，骑马行走，将会面临哪些环境问题呢？如果真这样的话，那么技术只是阻止了这种不断上升的环境污染. 技术在这里应该以最广泛的意义去理解；它可能完全包括着由人类支配的生物控制措施和生态控制措施.

即使在人口增长全部停止的情况下，我们仍然处于不富足的社会.在当前阶段，人类社会就其整体而言经不起停止投资甚或连削减能量使用也受不了. 而这一点只能在大量降低人口情况下才会有可能——现实情况告诉我们，这也是一个纯粹的幻想，理想状态绝不会再次降临.那些梦想一个无等级社会的人也【279】渐渐开始明白这种观点. 一个不富足的社会当然可改变它的阶级分划——因为它必须进一步地保持在有能力的社会水平上.

在这里我们又遇到进一步的问题，它不只是间接地与我们相接触：权力的增长.扩大权力是一个有自身规律的过程，大概不是因为"其意愿是恶意的"，像雅可比·布克哈特所说的那样——当统治者的拥护者是由一个理想的概念指导着，这时，才是最危险的——因为权力实际上有一个自催化的本性：它自身拥有的力量越多，它就扩张得越大，它也就变得越稳定.如果它一旦登上了统治地位，那么它所关心的就是巩固其地位，与在"全部—或—全无"游戏中开始时球的分布类似.

使人信服的是基于一个思想上的优化过程. 人们总是认为自己的意见和决定是最好的，否则人们就无法与自己观点等同起来. 这也就意味着人们对自己的意见给予评价值要高于所有其他意见的中间值.这就对民主有一个危险，这是由中值形式所导致的.

一串数的平均值总是大于它最小的数，但它也小于最大的数.民主不是建立在一种信念上，它能体现所有可能决策的最佳者，而是一个纪律，它来源于一种观点，即主观的、人为的判断能力是有客观限制的.而霸权正好是相反.权力首先是自催化的，因

为霸权者的信徒们主观上确信他的动机是纯正的——不依赖客观上是好还是坏.

一个民主的国家可以给她的公民所有的自由——人们要查看一下我们的这种过度夸大——只要它不危及另一个人的生存.她的法律必须保护个人的自由和活动空间,决不可怂恿任何有组织的霸权.【280】

第四部分:在思想的王国里

"孩子,事实的真相就是我们所有的人都在木偶剧中一起做游戏. 最重要的是在这样一种木偶剧中要时刻记清作者的思想."

马克斯·戴尔布吕克:诺贝尔奖
仪式上的讲话 1969年(译自瑞典文) 【281】

第14章　鲍波的三个世界

在他对现实世界三个基本范畴的分划中，卡尔·鲍波是把人类放在中心位置，一方面，把有感知和有思想的主观世界与人类的物质条件相区别，另一方面，与人类的客观产物，即人类的文化财富相区别.约翰·C·艾克勒斯在人类的中枢神经系统中就是按照这三世界来定位和表示的.三个世界内部的自我组织过程就是建立在有选择赋值的泛机制上的.

【283】

当我们谈论"自然界的统一性"时，并不是意味着，我们同时认为，复杂的现实可以用一个统一的等式这样的话来概括，或者可以归结为一个唯一的世界-公式.现实世界在结构上的多重性正好与自然规律的统一性相对立[76].

"现实世界的结构是一个层结构，不取决于截面的不可弥合性——因为也可能它只是对我们来说——而是在于新规律性和范畴式的形成，即与较低级者的相关性，但它又以明显的独特方式和独立性与它们相对立."

考阿特·罗伦兹引用了尼科莱·哈特曼的这个——如罗伦兹所说——"极其漂亮的话"是出于有相一致的感受，它把民族学家和种系发育学家与个体发育学研究者联系在一起. 对不同结

构层次的多种形式性和它范畴特性的不同性进行比较分析,要比那些宇宙结构所遵循规律的统一性所做的分析更容易些."层次化"要求自我组织和由超级地位而产生的复杂结构相组合.如果我们来考察一下那些在不同区域中位于序化之后的规则性,那么显然在它之中有许多的一致性,要比在其结构和组合能力中多得多.

尼克莱·哈特曼解释了许多现实存在中的"大层次":无机的、有机的、心理上的和精神的.把人类自己作为研究问题的对象以及作为提问的目的——"人性的研究是人"[22]——在卡尔·鲍波[78]的三个世界分划中表述得更清楚(见图54).这个自我,即提问者的主观世界,在一定程度上作为一个镜子位于对象所组成的第Ⅰ世界和由答案所组成的第Ⅲ世界之间;这里,对象涉及的是一些问题,而答案是我们的叙述形式以及在物质上的确定.属于第Ⅰ世界的,除了对象——包括有生命的,当然也包括人类,以及它们所拥有的物质存在——之外还有对象之间的联系.而【284】属于第Ⅲ世界的有想法、学说、反映,以及所遗留下来的、能作为人类的证据或人类文化的证据,因而也是——如第Ⅰ世界中的对象——客观地存在着.

一种学说的意义和它的范围只有当人们试图寻找明确的互相关系时,才能变得清楚一些.因此,我们必须把这三个世界间的互相关系按人类的意识来考察.我们这个时代伟大的新生物学家之一约翰·C·艾克勒,是鲍波三个世界的热衷追随者,他就做了这样一个尝试:在人的大脑中来定位这三个世界的沟通关系(见图55).然而正好就是在这种客观化中,位于每个图表分类之下的局限性也就变得明显了.世界Ⅱ只能作为自我的主观世界才有意义;作为这样的东西就不能客观地表示出来,或者换句话来叙述:第Ⅱ世界所有的现象,人们可以先把它们客观化,但同时也属于第Ⅰ或第Ⅲ世界.尽管如此,把世界Ⅱ中的现象作为客观来研究或者作为模型来模拟,完全是合理的.以这种方式在"镜子后面"来观察,考阿特·罗伦兹不久前进行了这样的探索[77].他总结说:

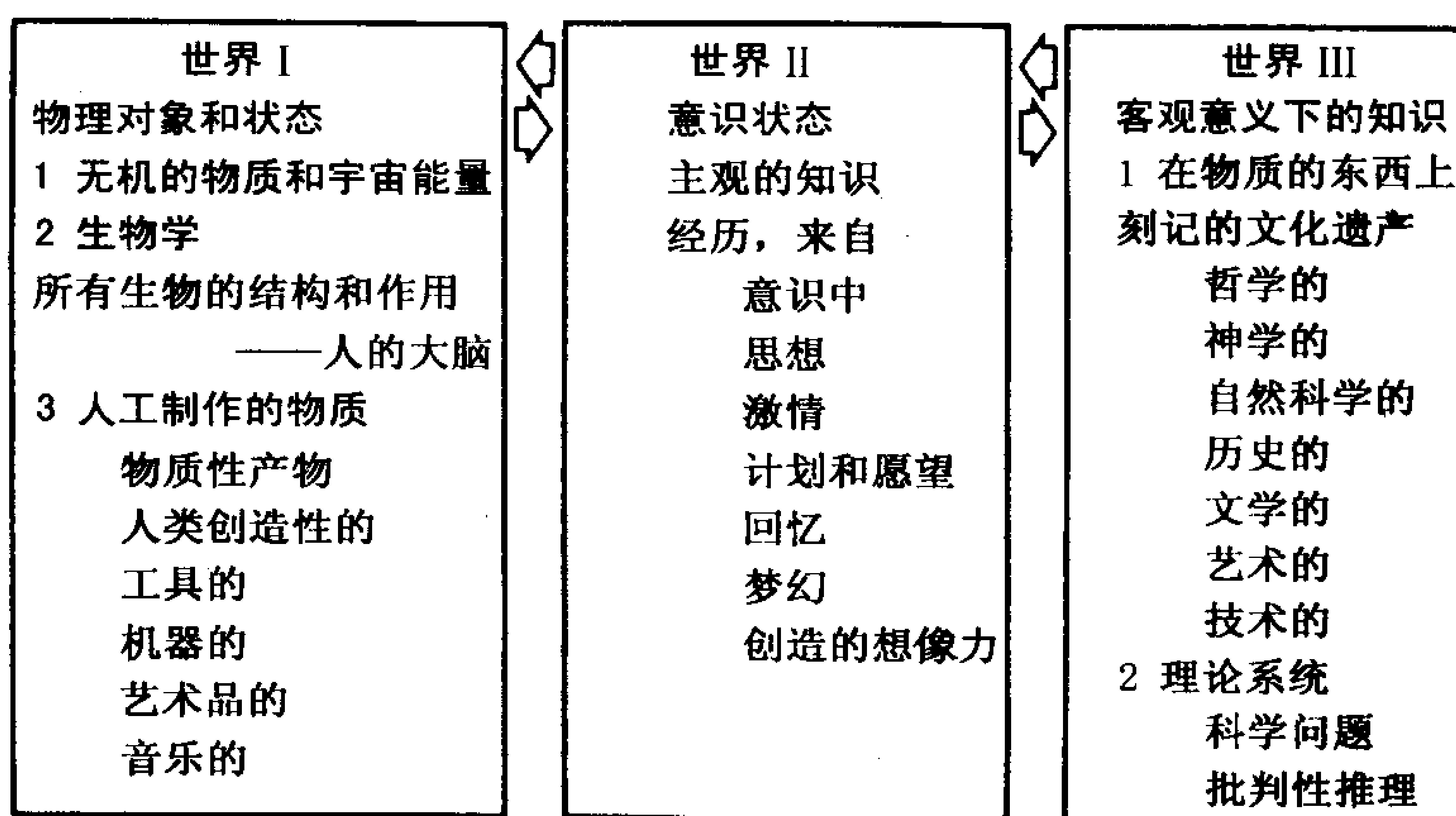


图54 三个世界的示意图,这是由卡尔·鲍波把所有存在的和所有经历的都计算在内所定义的(依据J.C.Eccles的观点).

【285】

“自然科学对支撑人类集体和研究它的精神世界的作用点负有一个无法估量的重大作用. 人类社会是地球上所有有生系统中最复杂的一个. 我们的科学知识连这个复杂整体的表面也几乎没有接触到，我们所知道的与我们不知道的之间的关系是需要用一个天文数字才能表达的. 尽管如此,我认为,人类作为一个种群正处于一个时代的转变之际,刚好就是在现在,有一种可能的趋势向着不可预知的更高级人类进化.

肯定的是，人类今天的处境要比任何以前时候的处境都危险一些. 我们的文化可能要被自然科学所带来的反思取代其地位,走向衰亡,使得那些极有价值的文化处于危急之中. 在世界的历史上像这样的事情还是第一次.”

在下面我们想对这三个世界的内容和范围做一点点解释,

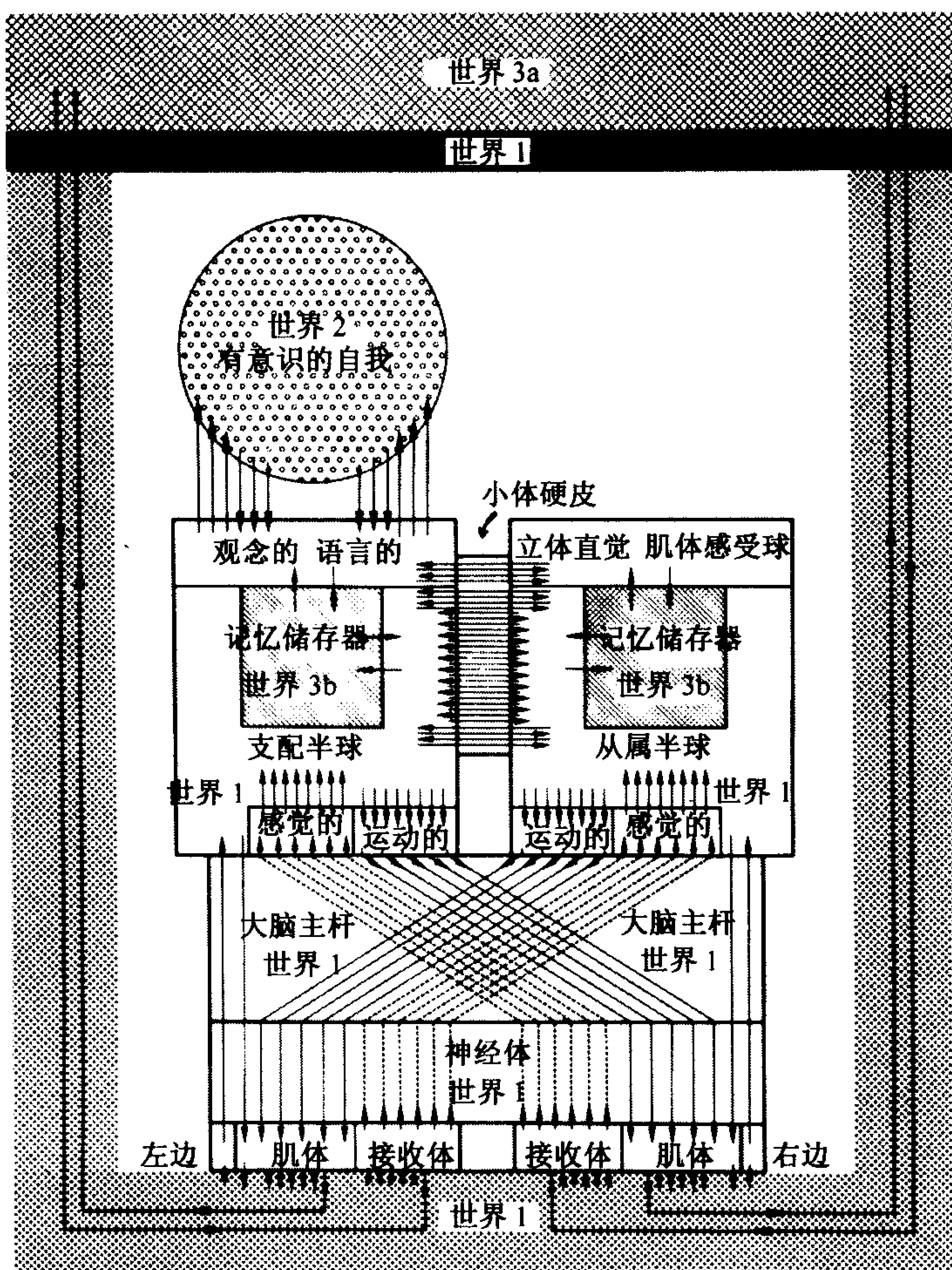


图55 人脑及其内部不同的通讯可能性图表.最重要的一些通讯线路是从边缘的接收器传输到感觉皮层，再进而到达大脑半球.画出的还有付出,这是通过运动皮层把大脑半球与肌肉相连结.小体硬皮是作为支配的左部和从属的右部半脑间强有力的连接来表示的.除此之外,在图表中还表明了世界Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ之间的互相转换关系(这是根据J.C.艾克勒[79]的观点).

【286】

而更多地探求自我组织游戏在不同的层次上运作时所遵守的那些规则.

生物起源于无序的、无组织的物质,这样,就需要一个分子语言的发展,由此,信息才能有序化和传输.这样一来,就需要一个遗传记忆,由此一步一步地建立一个像人类建筑计划一样复杂的程序.所有这些过程都发生在世界Ⅰ之内.

在(高级)动物的中枢神经系统中,学习过程也是类似地进行.在这里同样需要一个通讯设备,一个对感官所接收的外部印象进一步输入和处理的"内部"语言.这个语言是以电子脉冲模型在神经细胞的网络上译成电码.脑电图就是神经细胞间连续发生的、形式极为丰富的通讯引向外部的(弱)反射波,位于连接点或感觉神经网的记忆力,其作用就是对流入信息进行选择赋值.由此引起的记忆结构的不断修正,即记忆的不断更新,开始了构造世界Ⅱ的主观经验判断. 【287】

最后是精神和文化的进化:在所有生物中只有人类发展了有逻辑原理的语言,借助语言,人们才能把由感官所传递给自己的、而且很有限的主观经验和思想进行传递、交换和重新组合.

当我们说,语言以及由语言所传播的主观经验,其领域的扩大是人类发展最重要的标志,那么我们就必须也同时清楚,这里涉及的不是一个简单的"因果关系",而是一个多层次的反馈过程.在最早期的进化阶段,就曾有过一个可比较的"横向扩张",即发生过由简单的进一步衍生机制,它仅仅只是依赖细胞分裂为基础的一个性——重新组合.

在简单分裂中,进化的胜利对于直接的后代,即细胞线,有好处.而在重新组合的机制中对于整体方式是有益的.由于不断地互相混合——其规律性早在100多年前格艾哲·约翰·孟德尔就已经知道了——物种的基因集团以其整体性对围在边缘的突变形成攻击面.通过这种基因通讯带来的进化加剧可以看到的结果就是庞大的、丰富多样的各种形式[14].同样,这种发展也是一

步一步地进行的. 在早期的种系发育阶段我们也能发现这两种繁殖是并存的.

这个由语言交流来进行的“横向扩展”明显地指出了可认识的一些平行性,它使人们最终不受达尔文原理所规定的约束.由于人们自身非常紧张和多方面“精神”的互相作用,每个人都分享着文化发展的整体经验财富. 这种遗产人们可以——平行于【288】但又无关于遗传信息的传输——一代又一代地传下去并在其过程中加以不断完善. 当然对于这个在世界Ⅲ里运行的信息储存和获得过程是没有统一、协调的赋值,而这又是遗传的学习过程之典型特征.

在进化中——以及在它最早期子细胞阶段——选择赋值是自我再生结构竞争中的一个完整组成部分. 系统的这种自身的赋值原理,它能确保认出最优化的结构——相对于有效的再生产而言——其原因是与作为基础的自催化机能以及所逼迫的边界条件有关联. 精神信息的赋值系数是与进化的中枢神经所操控的感受刺激的处理联系在一起的. 开始时它是仅仅依靠着有选择优势的、以遗传来指导行为的选择.具有痛苦、忧虑和乐趣特点的赋值中心的形成扩大了各种方式下环境刺激有意识的反应活动空间,同样,在这里依照现有群体来建立选择原则的一致性首先得到完善.只有在人类这种精神信息的赋值下,才具有个体的特性.

如果人们对世界Ⅲ也想编制一个同样方式的图表, 那么人们就不得不考虑个体的自我世界中多重性的、主观给予的赋值系数, 而正好就是这种要求揭示了我们这个社会现实的困难之处,就不存在什么“位于内部的机制,”它能自动地调控世界Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ之间选择赋值的相互联系.

在世界Ⅲ中所存储的信息是没有通过一个自动的关闭来阻止生命自我破坏时滥用信息.人类的幸存,即使自然条件对此进一步保证着的话, 也不是由任何一种规律性像物质的形成规律【289】那样能保证的.我们在这里重复一下:伦理学必须是建立于人类

的需要之上,它必须确保人性得以维护,而没过分地剥夺每个个体的人所有的个人自由. 这样一种伦理学是不能按任何一种物质的规律性在人类的机构阶层之内来导出的.

用连续变化所定义的世界Ⅲ来作精神上的分析是宗教学的任务.神学,就其作为一种科学出现而言,尤其需要历史思想财富的流传和注释, 对道德和习俗学的贡献今天更多的是希望来自科学的分支,而不是神学.教堂对现代生物学的知识持怀疑、冷淡的态度.它有自己始终就固定好了的关于生命的理解.泰哈特·查丁[80]也许是新时期唯一的一个神学家, 他从事着基督信仰世界观与科学知识的一体化尝试.但是牵引他自己更多的是“泛灵论的影子”而不是客观知识.对于他所代表的进化收敛的观点就根本不存在客观存在的印迹.

在世界政治舞台上成长着这样一种观点, 即考虑到历史形成的、区域性的世界Ⅱ所具有的不同形式也应该存在着世界观的共存.然而我们必须在这里回顾权力扩张的自身规律性,对此我们已在前一章中作了讨论.如果我们想坚持我们的价值观,并认为,它只能在一个自由民主中得到实现,那么我们就必须把它清清楚楚地定义出来并为维护它而努力.如果不是这样,那么我们就会在每个先前的体系面前不断防御地退却.同样“小小的几步”也是不可往前的,只要它们涉及的是限制自由.

“人们的预见,
是足够的久远.
然而最终还是得以出现.
愚语蠢言,
至今从不消散,
它以命运为冠.”*

【290】

---

* 马克斯·佛瑞什:《老实人和放火者》.

第15章 从符号到语言

“语言”的存在对于生物的物质自我组织、人们间的交流就如同它对于思想的进化一样具有同等重要的意义.语言形成的条件是要有一个明确的符号指定. 在分子语言中它有一个在定义了的物理–化学作用下的对应.在人类的通讯中,它是基于音位顺序和它确定的图形位置.对于符号组合以及它们相互关系的感觉指令产生于一个由功能性赋值引起的演化过程.依照考莫斯基的观点,所有的语言——类似于从分子机制中产生的遗传学语言——在深层结构上都有共同性, 它反映出在中心神经系统的作用方式中所建立的功能性逻辑. 在一个分子基因和一个语言通讯中的生成语法间的这种平行性使得演化过程的游戏规则清楚地展示出来了.

【291】

15.1 信息和语言交流

信息这个概念——不只是由于它的语言来源——是与形式和状态这两个概念紧密相关的.信息可以作为形态的抽象,作为一种语言的符号表示来理解.就像在“形态”科学中所遇到的物体和功能,信息同样也有两个互补的方面:一个量的,即数量上的,和一个质的,涉及感知和符号排列意义的.

最后一点在语言使用中是更为常用的.给某人一个信息就是说让他知道这个事情, 其中消息的意思和内容就必须是明

确的.

对于量方面的理解——这个我们已在第168页与熵的分布量相关联地作了介绍——必须要知道的是人们究竟需要多少信息以及细节知识才能把已知的符号序列辨认出来. 在符号中所包含消息的意思并不是直接有争议的，除非与认知相联系的某些期望——首先是存在这样一些期望——对于分析问题起着一定作用.这种信息的数量以最简单的情形通过一个“是与非”判断的数字给出来，这对于辨认一个序列中的符号是必须的.(最好人们是这样来做，先把消息在开始时就通过一个二进制的符号序列——大概如0100110101110101——来表示，然后简单地来计算“是与非”判断,这对于精确确定符号序列是必要的.)我们语言的每个书写符号可以通过使用5位二进制字符——例如00110——来表示,总共有$2^5=32$个这样形式的组合,或者字码,它也使用于电报码中(见图2).

如果我们面前的任务是破译一个我们完全不知道的内容，那么我们就可以按这种方式最多用五个问题(回答应该是“是或非”)把每一个字母清楚地确定出来.事实上假如所破译的内容是有意义的话,人们可以用很少的问题就能达到目的.对于在第171页所述的游戏做的分析表明,实际上我们对每个符号平均需要不足两个问题,这是由于下面的效应： 【292】

- 我们的语言中,不同字母的使用频率是极不相同的.
- 存在一些优先的符号序列(如在音乐世界中,元音出现最多).
- 对于符号组合(字)的意义有一些约定,使得许多组合从一开始就作为无意义而被排除了.
- 字都有一定的平均长度.
- 存在着一个语义和语法，即对字的次序和组合在一起成为一个句子有一些规定.

●每个句子都必须说明一个意思（或者表示一个相应的期望）.

在许多情况下，还可以借助附加条件就能把一个以符号序列事先给出的秘密消息完整地破译出来. 熵的值此时就降为零了.这就是说,人们根本就不需要什么信息就可以把消息认出来.当每个仅可能的符号组合都有相同的α-预先概率时，这个熵——以及为了辨认所需要的信息量——的值才是最大的.与符号平衡分布的任何偏差都会由于某个附加条件之故，使得最终达到有效序列所要求的“是非”判断问题的数量减少.人们把这个限制未知的条件称为多余信息.事实上是这样的,一定的信息像“波”一样(拉丁语unda)总是会反回来的.在传递一个多余信息时,也会有一部分符号被省掉.反过来,人们也会有意识地将一个消息重复,目的是害怕在传递的过程中掉失信息.香农的【293】信息论告诫我们,如何来最佳地处理这个问题.

我们要区分一个绝对的，数量上的信息和一个有确定意义的、语义学的信息,其原因首先在于语言的复杂性.这种复杂性使得在计算操作下来作纯机械的语言创造至今还是一个幻想.语言系统的研究学者，以色列的数学家和哲学家叶候法·巴-赫勒尔更是期望着新生物学能有一个进展. 我们的神经通讯系统大约有一百亿个神经细胞（其中每个又与一百至一千倍的其他细胞相连接），具有几乎是无限制的接收和组合外界信息的能力.为了对其容量进行较为接近的估计,我们必须更多地关注信息储存的基本过程和它们在神经细胞网络上的着落和特性以及在感受中神经元的触点.无疑在今后的几年内,有关的这些知识中的一部分将被利用,即使如此,也无法把我们具有创造力的思维器官用一个机器来代替.

语言通讯的略图可用一个等级图来表示(见图56).A代表一个实际上是无限制供给的消息源，通过感觉器官进入的外部信

息依照赋值,通过"程序化"机制,与存储在记忆库中的经验相结合.这样就产生了一个有庞大容量的消息汇编,它再进入到中心区B并经过C变成物理信号的形式发出.A′,B′和C′是接收方面相对应的系统.

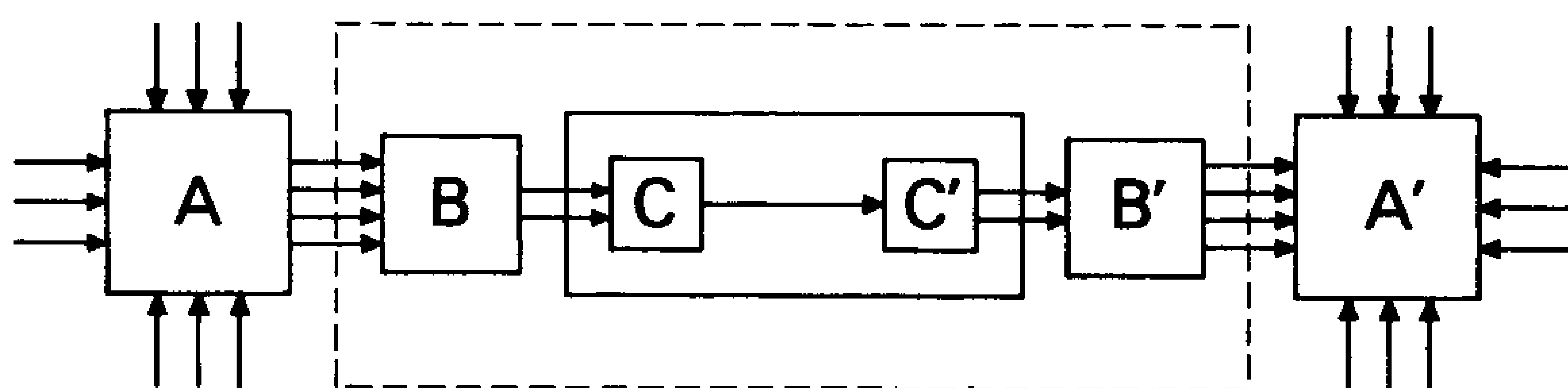


图56 通讯图.

【294】

C和C′间的通讯可以包括一系列的技术程序,如机械处理意义下的消息编码化、远距离的传递和通过淘汰因各种方式的叠加所产生的干扰效应, 并重新获得原有的消息. 通讯的数学理论,常常冠以不太好的名字,即叫做信息论,这是因为在这个领域有其应用.罗纳德·艾莫尔·佛什尔,诺博特·维纳,克劳德·香农,安杰·尼克莱维奇·科莫洛夫和利昂·贝努英属于这个领域伟大的开路先锋.只要信息论涉及语言的不同方面,它就与事件发生相关,这些是在中心区域B和B′排列着的,或者至少与其结构性的作用有关.另一方面,在可应用性上,它又明显地与区域A以及A′相关的一些问题有所区别, 这些问题似乎主要是以心理学和哲学为条件的.

约根·哈博马斯不仅区分感觉经验(=观察)和交流经验(=理解),即区分在中心区域B′和A′中运作的过程,而且也合情理地把理解自身作为一种方式的反馈区分为两个层次:

> "知觉理解(相对的)是两层的,第一层是与交流活动相联系的非客观化的观念:只有当我们深深地勾划出每个个

体间的关系之后，我们才理解人们向我们所阐述的是什么结论,问题或者要求,或者是何种允诺、建议等等.这样的一些是我们在非-客观化的观点上所理解的,也就是说是一种经验,它们将作为下一层的叙述内容,有特性地被客观化."或者"为了理解'皮特给汉斯了一个指令'这句话,我就必须什么时候也参加一次通讯,来获得一次经历,这就是说,去发出或者接收一个命令."

在"一个物理学中,它的有效性被超越地建立起来了,虽然【295】这种理论自身能够解释认识主体的超越能力，而且它还是建立在对所有可能的经验中必要的主观条件做康德分析的基础上的,但是哈博马斯总是认为在这种物理中存在一种悖论.

人们可以很自然地作为一种游戏的参加者来理解其规则.寻找自然界背后的"游戏规则",这一点,而不是其他的,正是物理学所探索的,因此,也就没有理由去设想,探索人类中枢神经系统就不会取得成功.前提条件是涉及到的过程的可观察性,其中要能够获得关于模型对象的主要知识.认为这是不可能的,是一种错误的结论,因为在这种方式的研究中,人类既是主体同时也是客体.矛盾一般说来仅是问题的提法.

恰好就在最近几年内，在生物学的不同领域中获得了自我组织现象至关重要的知识. 中枢神经系统的记忆能力和意识能力方面涉及的正好也就是这种方式的过程.问题像"谁在组织"或"谁给谁信息"——这些都是一个古老的关于鸡和蛋哪个先有的问题的变形——都是无意义的，这就像在一个圆上寻找起点和终点一样.悖论在多数情况下都能找到它的解答,只要人们在观察时引入一个新的自由度.

约翰·C·艾克勒斯在其著作《人的大脑》中总结了我们中枢神经系统的构造和作用方式等方面当时最新的知识[79].根据这个知识，我们认识到，在图58中所示的分划区域不是一个严格的

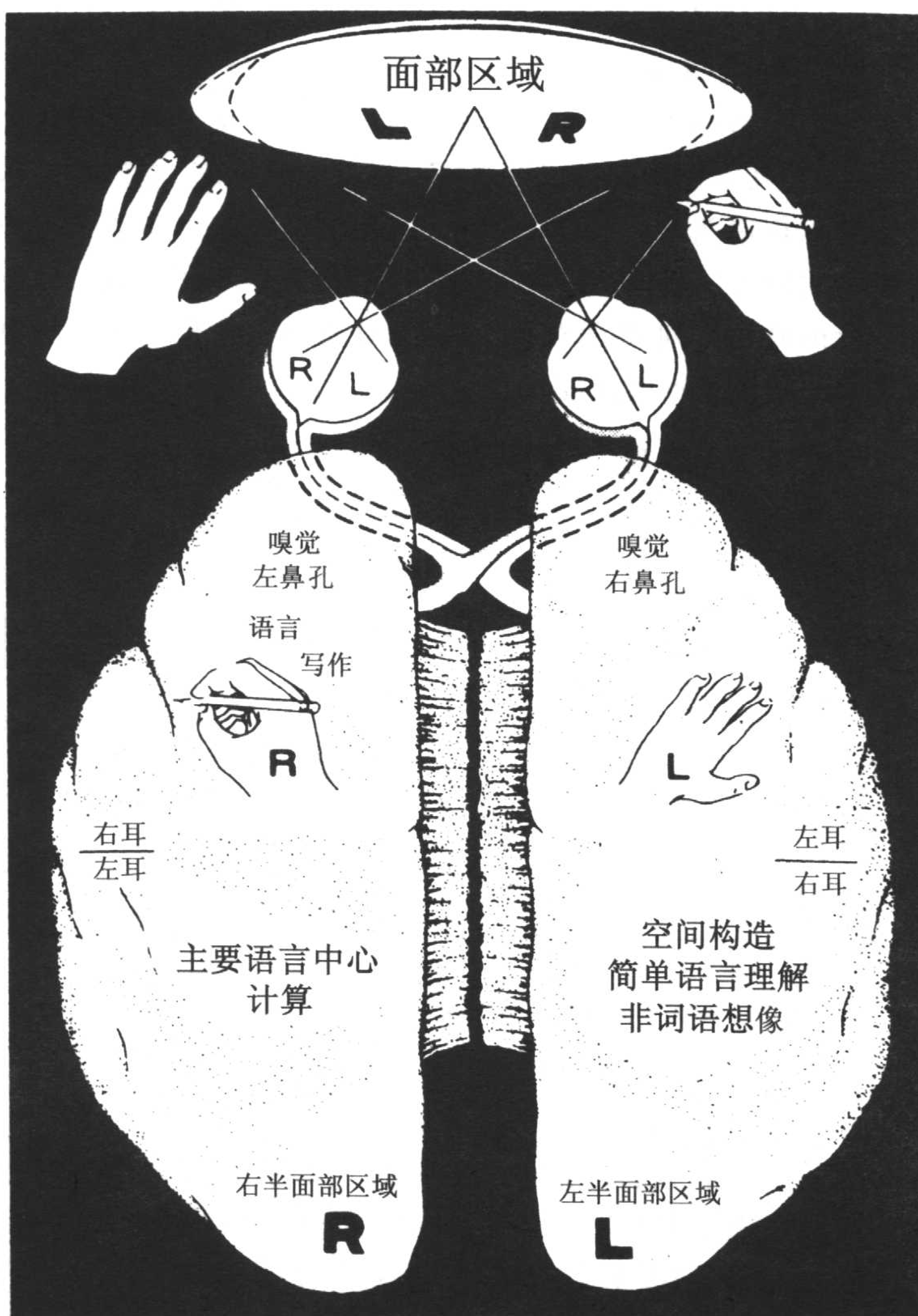


图57 面部区域感觉意识在两个视觉脑皮层的图表投视(根据J.C.艾克勒斯[79]).

【296】

定位,而它们是分布在两个脑半球的(见图57).语言中心是位于支配(左边的大部分)脑半球,但却是与其他部分,特别是感知和运动中心紧密结合在一起的. 两个脑半球的联系是通过小体硬皮完成的,其中大约有两亿个神经纤维联合在一起,它们在一秒【297】钟内可以传递四万亿次电子脉冲. 从研究内大脑皮质通讯组织有损伤的病人,卢格·W·施贝瑞可以确定大脑不同区域特殊意识功能的确切排列.然而对我们来说,这里不是注重位置而是更多地关注图58所示的性能特点.

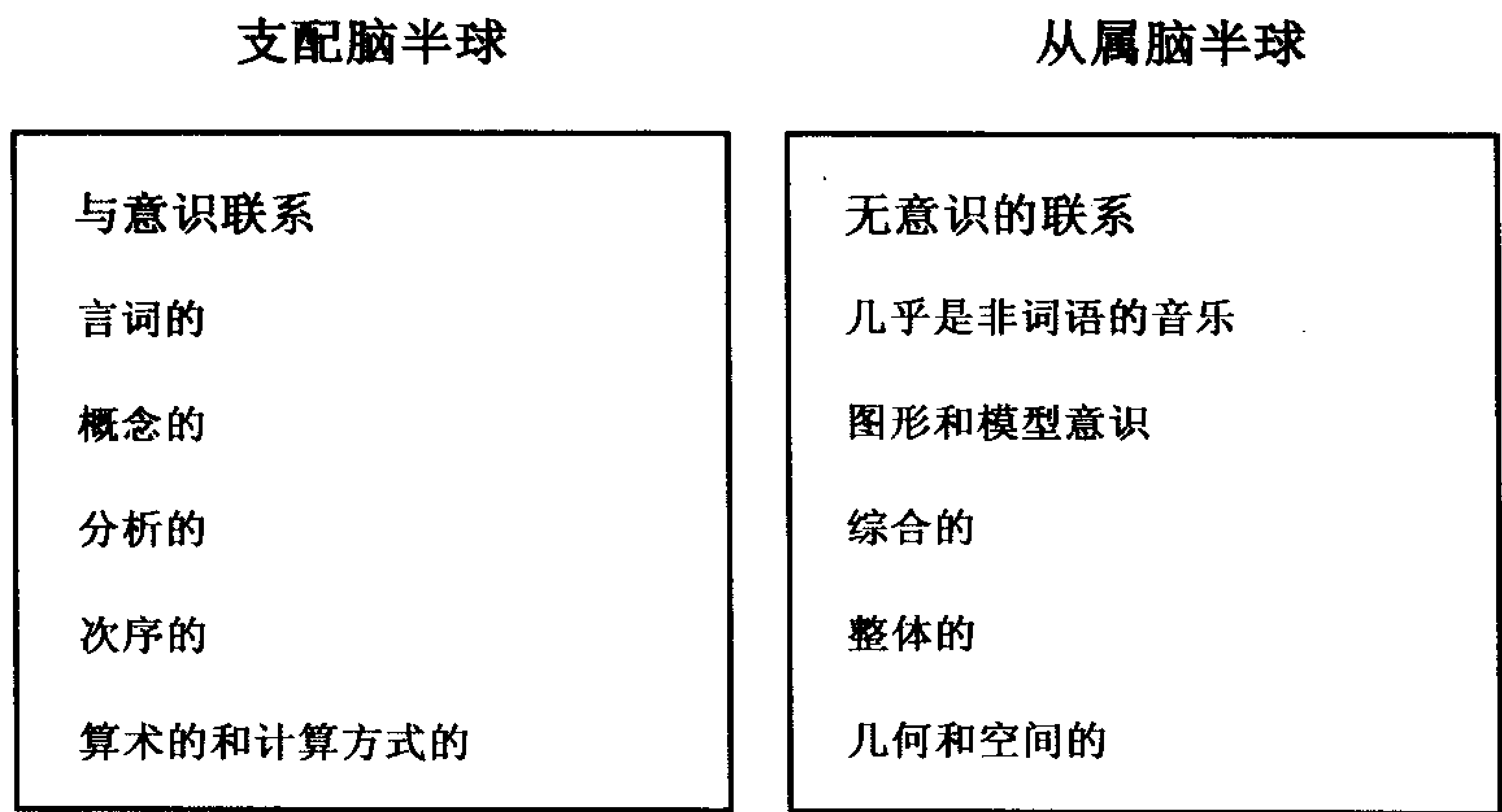


图58 两个脑半球中不同性能和作用的位置(根据J.C.Eccles).

15.2 语 言 结 构

符号对应在语言通讯中总是明确定义的. 相对多的书写符号是建立在语音上的实用语言,其功能所必需的.我们的字母α,β是通过抽象大约五十个(和更多的)语音来确定的.对于计算机来说,应用语言更合适的是采用两个符号.在发送者(C)和接收者(C′)之间机械中转的互相作用是以符号指令的确认为基础的.

【298】“不同的符号序列的意识对应几乎是唯一的,语言的语音容

量是巨大的. 用四十个音位可以组成1 600个两位组合,64 000个三位组合,2 560 000个四位组合,102 400 000个五位组合和4 000 000 000个以上的6位组合、单音阶的词很容易由6个音位来组成(例如glänzt[g·l·ε·n·ts·t]).每种语言只是使用了这样一些组合极小的一部分. 意识指令——对此我们几乎认为是唯一的——在现实语言中并没有休止;它还在进一步用音位做着"游戏".

语言游戏大师要算詹姆斯·乔伊斯,在这方面英语语言从莎士比亚经过肖伯到今天显示出了多么重要的伟大传统.詹姆斯·乔伊斯所创造的所有新词能写满好多张纸[82], 艺术词像Quark——这个词出现在《芬兰人的威克岛》中[83]——

> "—Three quarks for Muster Mark!
> Sure he hasn't got much of a bark
> And sure any he has it's all beside the mark."*

的使用甚至进入到了科学的精确语言中. 莫瑞·盖尔·曼(Murry Gell-Mann) 曾使用这个词来描述物质的三种假定的基本状态,

---

* "马克先生,三夸克,
无疑他没有更多的要说,
若他所说则必离题遥遥."

这是一首讽刺词,其中采用了特利斯坦和艾苏得的传说.马克先生是指那个年老(变呆)的皇帝Marke,常被特利斯坦欺骗."三夸克"是指一个烤面包片(它有三倍那么高),但在这里却用Quark这个词来描写海鸥和其他海鸟的叫声.当乔治斯写作《芬兰人的威克岛》时,他已住在苏黎士,他偏爱将不同语言中有趣发音的字组合在一起.在这里他也将本来毫不相干的德语字"Quark"(=奶酪)连组在一起.在英语中就没有这个字.

并以此他试图对迄今已发现的基本粒子和对称性进行分类*.另一些字游戏如“Helterskelterpelterwelter”有无法估计的表达力：【299】字“Helter-skelter”=轰轰隆隆，是由两个动词——“to pelt”(投石后的碰撞声)和“to welter”(=滚动，翻滚)——简单地拼在一起的. 乔治斯用这个字来描写一群发出叫声并扔投石块而逃跑的歹徒们.

(字的创造往往是无意的.我们回想一下，在一个音乐晚会之后——当我们坐在一起，品酒闲聊，并且喝得挺得意时——在一起能谈论的就只是令人高兴的贝多芬(Späthoven.)

从字构成句子无疑要涉及到图56所示的通讯示意表中的范畴B.要把区域A和区域B明确地互相分开来是非常困难的，这一点可从图59中看得出来，其中威廉姆·G·莫尔顿[84]把人类语言通讯系统做了一个典型化处理.

可能的句子组合数量是无法估算的庞大. 如果我们选择一些简单的句子，其中用两个主词和一个动词来连接，而且从每个词类中只使用一千个表达式，那么共计就有十亿个句子，当然不是所有的句子都是有意义的. 莫尔顿还说，一个善于谈吐的年轻女士，她——如果她不是正睡着或者正吃东西的话——不间断地谈话而且语速很快，即使这样，在她还没有讲完很小的一部分相对平常的句子之前，人们即便是出于最大的礼貌，也无法将她再称为一个年轻者.“超天文”数量级的句子组合数表明，人们将会把伊玛诺艾·康德典型的句子结构作为基础来对待.(据威廉姆·福克斯[85]所说，在句子的长度和复合多重句方面，康德的句子是最棒的.)

诺阿莫·克莫斯基[86]解释说，句子的结构，如果人们从不同语言的特殊方式来看的话，显示出许多平行之处，这些显然表明了在人类大脑组织中所建立的广泛规律性.对克莫斯基的观点，在他的导师罗曼·贾柯勃逊及其学派的早期工作中都持保留态度，

* 盖尔·曼当然是可以使用纯粹艺术的字来表现他自己新的假设的.

并且受到了幼儿语言学习的观察结果的冲击，这些观察结果是由艾利克·伦纳贝格[87]和其他人所进行的研究得出的，它说明一个一般的句法结构，是如何在进化的过程中使得语言学习成为一个自身的特点.

克莫斯基所建立的生成语法基于一系列"内在"规则的一般有效性.分为两个类型：生成规则和转换规则.比如说一个句子可以在决策树意义下（见图60）——克莫斯基称这种图为短语标记——分成一个名词短语和一个动词短语.动词短语自身比如说再进一步分解为动词和另一个名词短语(句子的宾语).按照这种方式就可以来分析和合成句子的"表面结构".

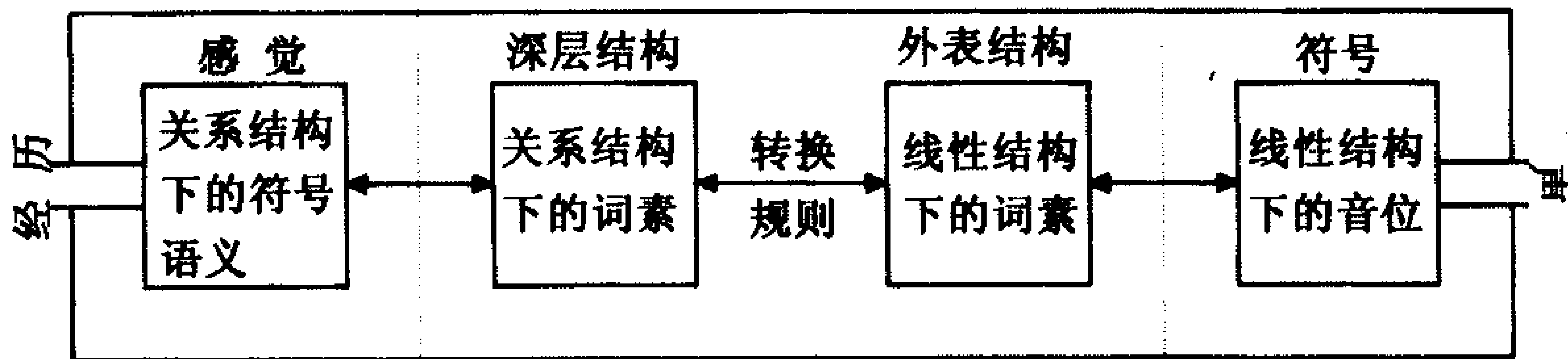


图59 威廉姆·G·莫尔顿所描述的人类语言通讯系统，它与形式图表56的联系也标了出来. **【300】**

一个(复杂的)句子的"深层结构"只有使用转换规则才能明显地表现出来.借助于这些规则，人们可以把一个句子从它语言关联的、只能由复杂短语标记来表示的表面结构中解脱出来并分解成一系列(可通过相应的短语标记来表达的)核心句子.为此需要一个所谓的转换标记，以及一个个体转换的完整表格.例如这样一些转换：关系转换(由一个关系介词来引导)，嵌入转换(插入句)，被动态转换等等.这样的一个转换的例子见图60. **【301】**

在多大程度上这样的一种形式化体现了语言的现实性，这是有争议的.批评家容易忽略的是事件之间的规律性.因此——在这里我们再次来做一个与其他相关而又曾用过的一个比

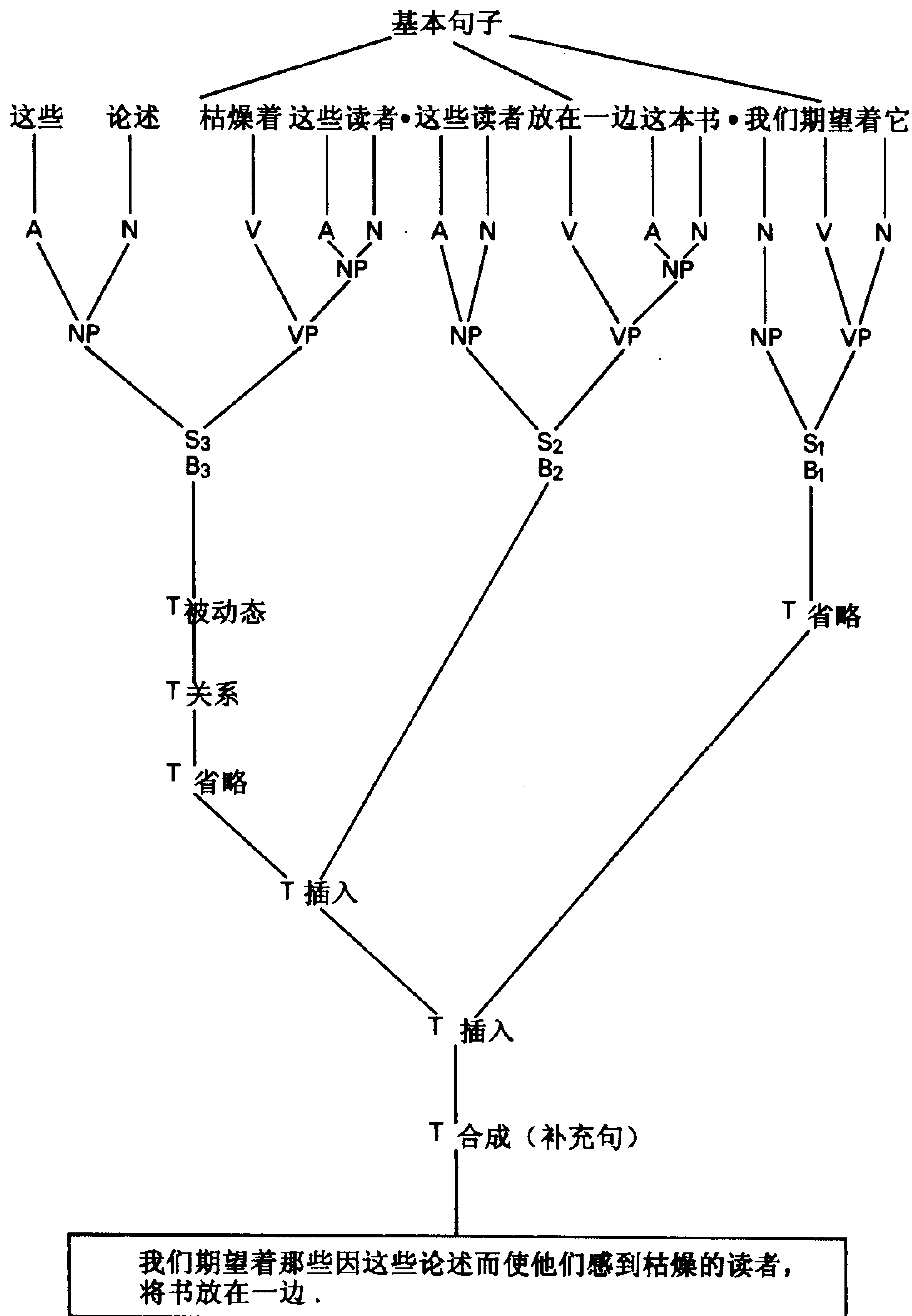


图60 N·克莫斯基将一个句子转化为三个基本句子.A=冠词,N=名词,V=动词,P=短语标记,NP=名词短语,VP=动词短语,S=句子,B=基础—短语—标记,T=转换标记.

【302】

较——克莫斯基的语言学与现实语言的关系也类似于热力学与气候的关系(气候的出现是由于一定的温度和气压之间的关系,这是热力学的规律性.尽管我们很早就掌握了它,但是长期天气预报至今仍是一个碰“运气”的事情——完全是由于极为复杂的和难以观察的边界条件所致).

语言的现实性反映了它的不封闭性.在为路得维锡·维特根斯坦的著作《短文集》作序时,贝尔特让得·卢斯尔有点讽意地说到了维特根斯坦确信无疑的要求:“人们所不能谈论的东西,对此就必须保持沉默”;“叫人踌躇的事实是,维特根斯坦先生毕竟是要说出许多不能说出来的,于是就会有那些半信半疑的读者猜测,也许还有某个小空子可让人钻进语言的迷宫或者还存在着另一种出路.” 【303】

阿佛里得·泰斯基[88]通过逻辑清楚地表明了语言分类唯一性的界限.对于关系固定的宾语来说,它的表述需要一个元语言的语义学.而且当人们再次将它宾语化时,人们需要——如威茨克[89]所称的——元—元语言,于是对于一个这样构造的语言体系来说将是永无终结之日.

15.3 分子语义学

信息这个概念在分子生物学中也有中心意义.卡尔·佛里得里希·冯·威茨克[89]注意到——令人感到惊讶——:

> “在这里没有一个人在讲话,也没有一个人能告诉些什么事情或者能理解所告诉的事情,”的确,可以再做一点限制:“也许这里最简单的表达方式就是真正最恰当的那样一个,它也使用语言范畴,但在那里没有讲话意识,也没有听话意识.染色体和不断成长的单体在这样一个关系中相互共存,好似染色体是讲演者而单体是听众.”

在单体中，从染色体到有机体的这种语言传递是单向建立的，而且就像给出的一道指令，整整齐齐的.分子也许是在现象特殊的水平上相互说话，在这里是按照功能最佳为标准来建立一个“物体语言”的.

这种表现特殊的分子功能语言显示出与人类所使用语言的一定的类似之处.因此，它也需要一些有很强表达能力的字母，它们大约由20个符号组成，即所谓的“自然”氨基酸，其中的每一个都有特殊的化学功能. 让我们来把这个蛋白字母与我们日常书写时的现象以及抽象出来的大约30个字母来做一个对比.

蛋白语言中的“字”代表着所有在有机物中产生的执行功能：反应调解，控制或者传递.类似于我们的语言中的字的组成，每个字都是由好几个——大约四至八个——符号构成一个协调的单位整体. 这种有功能作用的符号在蛋白语言的构词中不是简单地线性排列在一起的，而是按照其相应的化学任务在确定的空间位置中排列的.而要达到这一点，就只能在具有重要功能的氨基酸之间（比较图11）来容许有一个特殊展开的链结，它的【304】作用就是把具有战略意义的氨基酸精确地定位于空间之中.尽管这个活动中心——这是蛋白语言自身有特性的三维字关联——包含的不再是我们语言中职能字词的书写符号，但是为了能够建立一个这样的活动中心，一个蛋白分子总得需要大约一百至五百个链成员. 这个分子的每个成员都代表着一定的职能，人们可以用酶来表示分子语言的这些“职能字”.

在有机组织中的所有功能都极为精细地相互协调着. 这就是说，分子语言的所有字形成了一个有意义的内容，它是由句子组成的. 但是内容的遗传从一代到下一代以及细胞内立法机制和执行机制的信息传递却不是通过有功能效应的蛋白字母来实现的.

立法语言的字母，即核基酸，是按经济的观点建造的，类似于我们计算机的字母或者任何一种机械相应的消息传送. 每个

字母需要一个字码，字码的字母标记(不可逆反的)是唯一的.遗传码不是像计算机码或电报码那样，使用二进制来工作，而是使用一个由四个字母构成的字并容许重叠，这是因为它不像我们这个机械化时代中的码型，是按照逻辑观点来定义的，而是来源于自然途径中蛋白字母的相互关联关系. 这样就需要对特征现象的标志作一个丰富多彩的全体目录表，其中能用一个唯一互补的字母对来加以确定. 用一个单一的基本粒子对只能构造出非常单调的核基酸——双链.只有再增加一对时，由于在较长的序列内这两种字母对就会有许多的组合可能性，因而能制造出结构上的大集团，其个体有非常不同的稳定性，但并没有阻止在【305】遗传信息传送和码处理酶素机能方面的进一步经济化.

从染色体到有机组织这种语言交流的有方向性特征是用一个图表来描述的.阿土尔·康贝格曾把它作为分子生物学的“中心教义”作了如下表述：

> DNS→RNS→蛋白质→“其他任何东西”——也许这是所讲过的故事中最激动的一个短故事.

DNS=脱氧核糖核酸，它是存储器，遗传信息的记忆库，RNS=核糖核酸，消息传送器，而蛋白质是消息的处理形式，它被转化为一种功能并由“其他所有”的，即整个的生命过程来产生. 当然，这个图表是现实性的一个粗略的简单化，它在今天要详细地来看就不是完全正确的.

仅在几年前，美国的豪沃得·梯民和大卫·巴梯莫发现了一种酶，它能把不稳定的RNS——消息再次改写为稳定的DNS——信息.这种逆转酶，被称为返祖酶，可从Viren中来分离，而后者人们已经知道它能溶解肿瘤. 从可能的实际应用来看——首先是与癌症有关的问题——这种发现具有极为重要的意义；从纯知识的角度来看，它是不足为奇的.早先——主要是

保罗·多特和素·施比格曼（他在返祖酶的研究中也有至关重要的贡献）的工作——就已知道，一个单体的RNS-带和它相应的DNS-互补拷贝能合成一个杂交品，十分类似于通常两个互补的DNS-单带，能够组成一个双螺旋线.也许DNS的分子形式本来就是在后来，即在已向前迈进的进化阶段才出现的，并承担了RNS的一部分任务. 由于DNS具有线性地构成双带束的明显强大趋势，与稳定性较低和“较为活泼”的妹妹RNS相比较，DNS更适合于保护遗传信息.

【306】 说话、传达、阅读和理解，在这种层次上来比较，就可简单地称为把正确相补的分子构件(=语言符号)连结在一起(=认识)，并将它们保留原有信息地结合成一个大分子(=书写句子).一个这样的信息复制和编辑应该是朝着两个方向，即从DNS到RNS和从RNS到DNS都是可能的，因为尽管所建立的细胞复制机能在通常情况下只能使这个过程仅朝一个方向运行，但是这两种分子都是使用了相同的相互作用.

在RNS→蛋白质阶段，信息的流动方向是严格地——在化学意义下——确定了的. 在这里就不存在什么机制——一个这样的机制按照蛋白结构将是无法想像的——它能简单地逆反这种转变.尽管如此，人们在原理的“教条”解释面前还得小心谨慎.也就是说存在一些特殊的酶，它们有一种能力，会自动地通过RNS-基膜既能制造出(短链形式的)蛋白再生序列(确切地说，是一种有抗生物作用的聚合肽)，也能制造出(长链的)核酸再生序列.

不久前，佛利兹·利波曼在罗克佛勒大学能够证明某些从微观有机组织中分离出来的酶——按照一个类似于佛欧多·吕恩在脂肪酸合成中所发现的机制——能把氨基酸在没有引导的情况下通过一个RNS-基膜用一个特殊的序列组合在一起，而且所得到的相对短链的蛋白块能够熔合成一个大分子环.

另一方面，曼佛艾得·苏姆波在实验室里成功地制造出了已

给序列较长的RNS链——仅仅借助于酶而不对RNS-基膜进行任意调控.素·施比格曼几年前分离出了酶复合体,它能有选择地重新生成一个杀死细菌体——命名为Qβ.显然,这种噬菌体-RNS具有一个特殊的辨识标记.这个“证件”总能使复制酶在开始RNS的重新产生之前就首先显示出来.本恩·库波斯和曼佛艾得·苏姆波能辨认出这种辨识符号.现在还可以进行它的合成和【307】连组任意其他的RNS-分子,它们能被Qβ—复制酶接受,并能很特殊地再生和繁殖出来.在自然的噬菌体环境下,特别是有细菌细胞的噬菌体基因,相反地根本就不出现这种辨识符号.如果噬菌体钻入杆肠菌细胞, 那么复制酶实际上生产的就只是噬菌体的RNS,而不是细菌自身的核基酸.这个噬菌体能够如此迅速地繁增,使得宿主细胞灭亡.

曼佛艾得·苏姆波又观察到,在无细胞的而含有为制造RNS所需的能量充足的基本粒子营养液中, 这种酶在小心谨慎地清除各种方式的RNS-分子时,能把用于再生产的基膜自动地“缝合”在一起.它一开始是一小段,这显然是一个仅由蛋白引导的序列产生的,然后堆积成一个长链,由几百个成员组成.令人惊奇的是,一方面,所再现的RNS链——至少很大一部分——都带有正确的辨识符号, 而另一方面, 在这个多种多样的想像产品中,只能唯一的一个选择出现.一旦不同的链有足够的数量出现时, 为了直接再生成它们——非常有效地——这种酶就把它们作为基膜使用.

显然,初始时,这就是说在De-novo-合成期间,许多不同的想像产品可能出现.但在选择的强制下,只有最能适应的排列顺序被保留下来了.这种原理,我们曾与选择游戏相联系已进行过讨论.最能适应的是这样的序列,它自身能最快地和最精确地被复制,同时也具有足够高度的稳定性.所有这些能决定选择值的因素都敏感地依赖于当时再生产所需要的基膜的褶皱结构.通过改变环境,人们可以改变这种结构.比如说,如果人们给介质

中放入一个能分解RNS-链的酶，那么最后只有RNS-链获得选【308】中，它能借助特殊褶皱以最有效的方式来对付酶的攻击.这些实验清楚地证明，信息在一个有限制的范围中也可被蛋白质所利用.正好就是这种可能性，在进化的早期阶段，曾具有重大的意义，就像在进化实验中所模拟的那样.基因型和表现型间的作用分配在生命形成的早期阶段显然不像我们可以获得的进化产品那样是唯一固定的.

此外，在转化过程——即蛋白质的氨基酸序列一个连续的显现——逆转意义下，蛋白质的系统指令并不出现.一个真正的"符号-对-符号"指令也只能依照康贝格所给出的图表来实现.我们来设想一下，通过有选择的de-novo-合成，在一个"原始酶"的帮助下，形成了一个RNS-基膜，它正好能够与特殊酶的合成功能中的信息相等同，而且还具有一个传送机械，在它的帮助下，这个信息能够再次被转化到功能性的蛋白结构中.一个这样的偶然相互联系，在完成这两个不同任务时，当然只能是不完整的.以这种方式在实际中来生产一个相同的、最适合的酶之概率是非常小的，几乎是无法实现的，因此，要从不完整的de-novo-产物中来诱导出一个有作用的、有效率的酶，就必须同时再有一个进化的适应过程和优化过程.在这里人们又陷入了死胡同.酶功能的最优化和最佳适合化及其由此来产生具有优势的再生RNS-基膜每次都要树立一些标准，它们是相互完全无关的.因此，de-novo-合成机制对于建立蛋白质和核酸间的一种对应关系是至关重要的.然而，所有的组成部分都必须同时能被结合成一个自我再生的系统，并按照系统的价值标准来进行选择.一个这样的统一的可能模型，即"超循环"，已在第12章中做了描【309】述.

只有随着编译机制的不断完善，才逐渐明显化了基因型和表现型间所担负的角色.

表现型的现实图像在遗传学的语言中——我们可以把它类

似于精神记忆功能作为"遗传反射"来表示——是进化中的竞争结果;这里涉及到的是信息的形成.同样在我们的大脑中,信息的出现也只能进化地,即由选择而来.仅仅不同的是这种物理基本过程是在百万分之一秒的时间里发生的.

15.4 不可逆转性和信息的形成

信息究竟是不是能够产生,或者说,它仅仅只是自我显露出来的吗?这又使人们来到了分叉处:创造还是发现.对此,在这里将展开一下讨论.对于生命形成的过程,我们已与蒙诺特的观点有所不同(见第90页):进化既是创造又是发现.是的,只有两者的结合才组成了进化过程这门学科.

人们所接收到的消息应该得到理解. 对此就必须将它的意思发现出来,这就是说,要与某些已有的经验或者规则相联系,然后再将它再现出来.同时,它也将使我们的经验更加丰富.于是这种相互关联的产生、分类、理解同时又是一种创造活动.

如果人们只是用概率分布来考察和表达所有那些对信息的意思是本质性的因素,信息的绝对和语义方面的区别将会消失.于是,"理解"简直就是信息形成的"逆转".这就意味着一个概率分布的不断缩小,直到最终只剩下唯一的一个可能性.克劳斯·香农和匈牙利数学家阿佛艾得·任尼量化地定义了信息增益这个概念,其中他们的出发点是一个附加"来源"出现前后两种概率的分布, 并通过比较校正了的个体概率, 来计算平均信息增益. 于是辨认就意味着能够对所有的可能的同类者, 除去一个 【310】 外,给其赋予零位的实现概率.物理上来说,一个这样近似的概率分布只能通过逆过程来实现.首先,能够通过一定概率来刻划的可能状态由于突然出现的事件变为不稳定, 它也将随着这个事件一起中断.这样就出现了一种新的情形,即那些先前出现的同类者就会被完全排除了.

同样那些由于遗传程序的读出错误——通过一个统计的波

动——引起的具有选择优势的突变者也能使一个先前稳定的种群不可逆转地崩溃."新" 的信息追其原因要归于一个不能逆转的事件,它是产生于一个"感知评估"——因为这最终就是选择.人们也可以用卡尔·鲍波的话来说:无疑,先前可能的替代者还可以被仿制.在观察或阅读一个消息时,在大脑中所进行的是一个类似的过程.

在此,我们想讲一个小故事,它的大概情节是取自杜任马特的喜剧"三个物理学家".但我们将不按其情节来讲述.我们关注更多的是这个例子的思维性,但我们将在它的情节上来塑造,其答案描述了一个概率分布跳跃式的不可逆变化而引起的信息形成过程. 故事本身——用杜任马特的话来说——"虽然是粗糙的,但不荒唐,而且它还是很可笑的."

"三个物理学家不愿意将他们的知识公布于世,便隐匿于一个疯人院里,以此来防止任何可能对其知识的滥用.他们在疯人院相遇并非偶然, 他们各自有自己的意识形态而且受各自政府的委任作为其代表者*(他们并没有看出各自政府的真正意图).每个人都有一个任务,就是探取其余两个人的知识,以使自己的政府能享有全部知识,这就意味着一个绝对的统治地位. 三人中的任何一个人如果泄露任何一点自己的知识都将会被判死罪. 他们三人很快都通过间接提问题、巧妙地表示怀疑或者有挑衅性的断言就成功地获得了其他人的知识.'当然'每个人都认为,只有自己一个人取得了成功.

【311】

尽管所有的三个人都完成了自己的任务, 但是他们依然把调查的结果对分派给他们任务的人保密并继续留在疯

* 在杜任马特的故事中只出现艾斯勒和克尔顿这两个人, 他们 (原始)的任务是探听莫比乌斯.

人院里.在此期间,他们开始怀疑自己的政府关于这次使命的意图所给他们做的解释.

当然，他们三个人都被各自政府的秘密人员经常地监视着.只要能知道他们中的一位——即使不清楚是怎么样地——出卖了自己的知识,那么这对他来说无疑就是一死.为了不死,作为最后的机会,也许就只能是赶快逃离.所有这三个人都发现，每天破晓的几个小时是逃离到一个中立邻国的最好时机.

情况是这样的：这三个物理学家中的每一位都处于最危险的地步.只要走漏风声,说他们将自己的知识泄露了,他们就必须立即逃跑.但是,每个人都总认为,只有自己一个人能知道其他两个人的知识，从而自己并没有处于直接危险的地步.

这样能坚持多久呢?

有一天,出现了一个猜测,并且作为一个传言很快就传到了这三个物理学家那里:已经知道了,三人中至少有一个人得到其他两个人的知识.

一开始这个传言并没有什么“新”的信息.它并没有说出每个人所不知道的东西：至少一个人——那就只能是自己本人了——能知道其他两个人的知识.然而这个消息对每个人都带来了新的信息:人们所知道的“事情”不仅是自己本身的,而且人们也知道了另一个人也知道同样的事情.这种认知很快就产生了效应，进一步的信息产生了而且对这三个人自然地成了完全公开的秘密. 【312】

传言公开后的第一天,人们都在等待着.

没有什么事情发生.三个人没有一个人逃走.然后,这本身对他们三个人来说就是一个信号,从现在起,要尽快的判断出谁是这其中之一.可是到第二天的傍晚,这三个人却都在中立的邻国相遇了.

怎样来解释这个有趣的结局呢？这个传言建立了一个横向联系并在他们中间产生了如下的推断过程：假设其中的一个人还不知道其他两个人的知识，那么这个人就必须立即逃离，因为他自己无疑是那位泄漏自己知识给其他两个人(或者至少两个人中的一个人)的那一位.任何久留对他来说无疑就是等待死亡.又因为第一天没有人逃跑，所以大家都清楚，只要涉及到其中的一个人，那么所有的人都涉及到了.因此，每个人都会有后果，都得逃离.(这种讲法可能是许多类似的推断例子中最简单的例子，一般情况下，说的不是'物理学家'，而是'外交官'，'暴徒'等等."

15.5 分子遗传学和生成语法

分子语言和语音语言的对比，正如我们在前一节中所做的那样，只有通过平行地表现它们，使本质的区别——由于不同方式的功能所引起的——不被混淆起来时才有意义.

【313】 这两种语言首先反映的是各自基本通讯机制的典型方式.遗传学的叙述形式是句子，其结构是由控制功能来决定的.因此，在细菌染色体组的操纵子-截块中，多种有相互联系的功能性结构基因通过控制单位，即所谓的作用者，联合在一起(见图61)，细菌的整体遗传信息，即染色体组，是由这种形式的一些句子构成的，它们互相结合成唯一的一个宏大的分子.较高级发展了的生物之染色体有一个强分子的结构，这在电子显微镜下就可观察到，但它的"语法"在个体方面还没有得到任何解释.

语音语言的句子构造有一个一般的结构原理.根据克莫斯基的观点，在深层结构中将有一个可见的泛生成语法，它与语言的"生成"器官直接相关.

总而言之，自然界的这两大进化过程：各种形式的生命形成和精神的进化，都把语言的存在作为前提条件.细胞的分子通讯系统是建立在核酸的再生和引导特性以及蛋白质的催化效应上

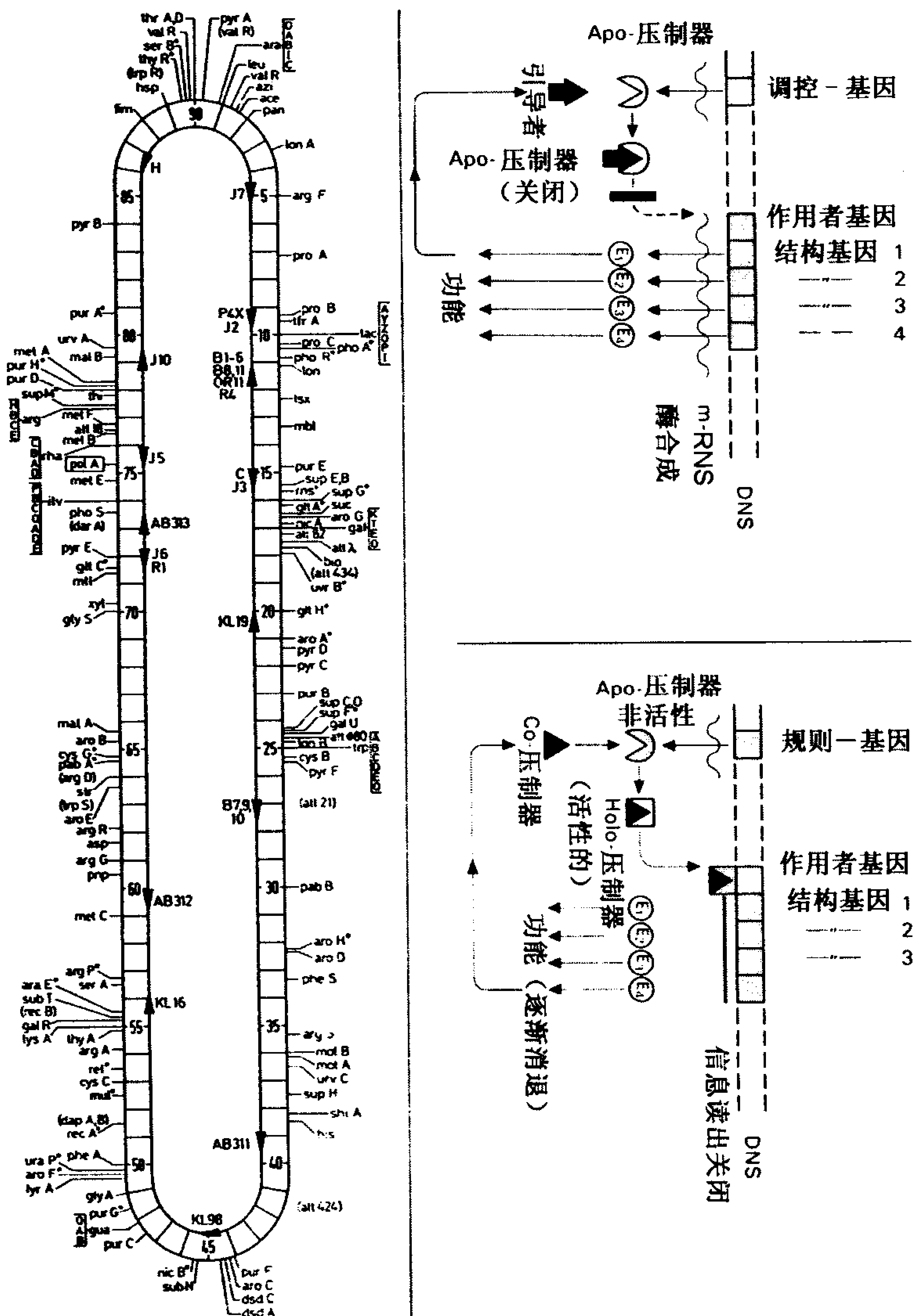


图61 遗传语言的句子和复合句. 【314】

图的右半部分表示的是遗传语言中一个典型的句子.它是用

"操纵子"来表示的,即由作用者-基因以及多个相互有关系的结构基因组成(文献:汉斯·约翰姆·波根[90]).整体的基因-单位的读出是通过一个压制器来控制的(压制器不一定要处于"操纵子"的直接领域). 这种读出是产生在一个被译成蛋白质语言并位于基因序列酶的合成时所显示出来的RNS—消息的合成中.这种酶在物质代谢中起着各种不同的、互相协调的作用.由这样一些代谢所产生的代谢产品是调控物质,它既能关闭压制器(右上方),从而使基因—读出能自由付出,也能使压制器活跃起来(右下方),从而终止基因—读出.基因读出中的这种规律性机制是由J.蒙诺多和F·雅可比给予解释的.【315】

图的左半部分表示的是依照W·海叶斯的资料所组合成的一个细菌染色体组的整体"复合句"(这个图是由卡斯坦·布莱什[91]友好地提供的).标出的位置是位于该处的基因的缩写.

的.这个通过互补功能表现出来的语言体现了一个新的、由先前个体能力间接导出的特性.

在大概的类似性方面,克莫斯[86]对人类的语言也曾有所表述:

"就我们所知,人类语言的存在是与一种特殊形式的精神组织相联系,不单是一个较高程度的智力.对我来说,似乎没有理由去假设,人类语言是其他动物世界中所能发现的语言里唯一比较复杂的语言.

在这样的情况下,就会有一个合理的猜测,即在经验中合适的生成语法和支配其结构和组织的一般原理能够被确定的话,那么这将表示着对人类心理学的本质贡献……"【316】

第16章　记忆和复杂现实

进化就相当于一个学习过程，是以一个再生的记忆能力为基础的过程.如果我们在使用这个词“记忆”时,把它和不同的现象如“遗传不变量”,“免疫力”或者“神经记忆能力”相联系,那么在我们面前就呈现出具有选择性的学习机制所用的一大堆表达可能性. 这样一些过程的基本原理可在游戏中加以模拟.

【317】

16.1　进化游戏和学习游戏

“有生世界最令人注目的标志就是它有庞大和复杂多样的出现形式.”[92]

在游戏中,可以把这种复杂程度减弱使得优化过程(几乎)确定性地进行,从而得到可再生的最终产物.然而,在自然界中,它的早期进化阶段,组合可能性的数目,其中又会涉及到有选择优势的变异者的数目，就是非常之大以致在进化的历史过程中根本就没有一个确定的、可再生的路线.

历史的路线是一次性的.完全能够确定的是一个价值梯度,依照这个梯度,在每个发展层次上,许多结构从一开始就被排斥在外.顺便说一下,非常有趣的是,可以看到有选择优势的同类种群实现的数目字越大,这就是说,进展的可能性越大,那么个体进化的路线也就越不确定.相反,如果在每个层次上,只有唯一的一个可实现性优势,那么相应的突变过程也就越不可能,从

而进化也只能非常缓慢地向前发展，但在其发展过程中它将是完全确定的.

路径的不确定性同时也就意味着最终结构的不确定性.教皇泰哈特·得·卡丁的“欧米嘎”(omega)观点作为科学的论点在分子生物研究的结果中是找不到支持的. 进化树的树冠是由多得无法描述的叶和枝组成的.

考察庞大的可能的路线数目,令人总感惊奇的是,进化过程走向其目的最佳适合结构却是如此的快. 对此我们想在一个游【318】戏,即所谓的RNS—游戏中来做一个解释.它可以如下来概括：

表格 15　RNS—游戏

每个游戏者拿一个由80个珠子构成的链子,它由红、绿、蓝和黄珍珠无规则的排列组成.游戏的名字表明,珠子的颜色是指核糖核酸的四种基本粒子.互补的颜色是:红-绿和蓝-黄表示各个核根(Nuklebasen),它们在自然界中首先是由于特殊的力作用互补地粘合在一起.两种形式的接合,即一个把红和绿联在一起,而另一个是把蓝和黄联在一起,表示的是能把互补的核根结合在一起的氢桥.

因为在这里是做“进化游戏”,所以也有一个突变骰子,即一个四面体形状的骰子,其四个面的颜色也是红、绿、蓝和黄.用这个骰子在每轮的游戏中将位于某个位置上的一个珠子按所投出的颜色来“突变”.

游戏的目的是从一个随机排列的链出发,尽可能快地制造出一个(平面的)褶皱结构,其特点是具有最大数目的互补对.投掷突变骰子每次都是对游戏者预先说定的一个珠子而言的,而且只能是这个珠子,当它出现某种优势时,才允许在投出的相应颜色中替换.下面的规则必须严格遵守：

1. 位置规则

在一个序列的不同区域中,基本对的形成只能通过平面上链的褶皱来实现,其中必要的是产生一些套圈.由于位置的规则,一个套圈上的五个珠【319】子不可以组成一个连接对.

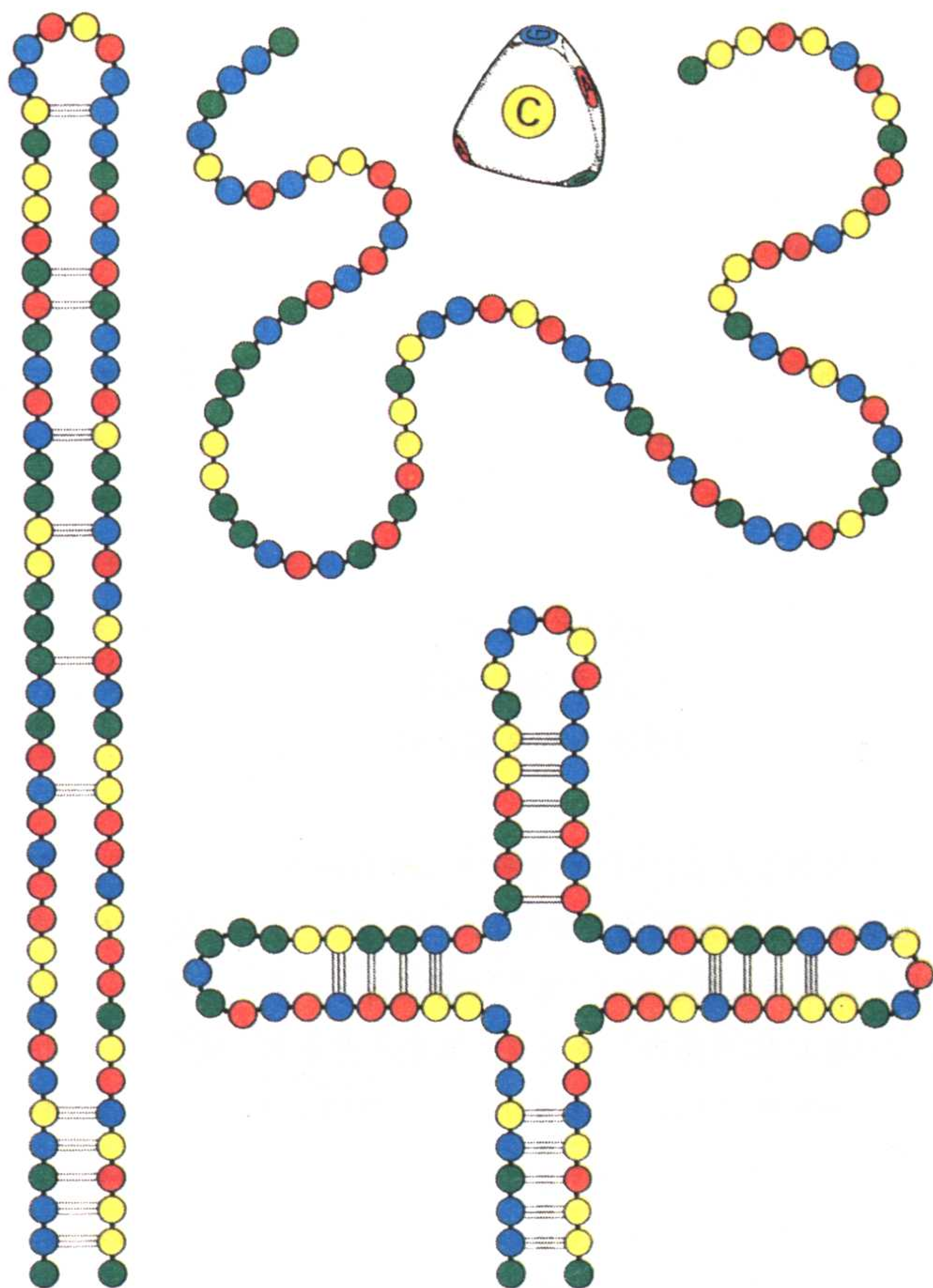


图62 RNS—游戏.图中(上)是一个游戏开始时,任意拿出的一个由80个核团组成的序列,A(红),U(绿),C(黄)和G(蓝).借助于一个四面体骰子来投掷突变者,四面体的各面都染有相应的颜色.一旦突变者组合成一个互补的基本对(比较游戏规则),这些突变者就算选定了.从对面的“发卡结构”和“三叶”结构可清楚地看出,三叶褶皱这种偶然序列包含更多一些的基本对,从而体现了比“发卡”褶皱更有效的开始基础.

【320】

2. 互补规则

如果在一个褶皱RNS—结构中,两个互补颜色(即红和绿,蓝和黄)的珠子位于相互对面的位置而且同时满足下面的第三条规则,则构成一个对,并由连接来结成一个对.

3. 合作规则

相互互补的珠子成为一个对的连接只能在不中断的序列中至少有四个红—绿或两个红—绿和一个蓝—黄或者两个蓝—黄对时才可进行. 对于这些稳定的基本对不需要再投骰子,它们是作为已经选出了的存在着.

评判:游戏的结束是按照预先给定的轮数或事先给定的时间来决定的,其中一个游戏者要有一个完整的配对结构.胜者总是那位得到最高积分的人.每个红—绿对(A=U)算1分,每个蓝—黄对(G≡C)计算2分.这种打分方式确切地对应于现实性:合作的G≡C对的稳定性正好是合作的A=U对的稳定性的两倍.但是只计算在合作区域之中的组合,因为在空间的温度中单个对是不稳定的.

在开始投骰子之前,每位参加者首先随机地在已有的互补类型中找出一条自己的链,并随意将其折皱和试一下,看哪一种模型包含最多的"弯曲"互补对.最简单的模型就是"发卡"(图62);它只有一个套圈,从而提供了最大可能的配对数.但是事情并不仅仅取决于有多少可能的对,而且还依赖于有多快一个配好对的RNS—结构能够产生出来. 因此,人们很快就会发现,用一个有三个或四个叶的叶状物(见图62)可以较快地达到目的.借助这种结构,再根据有相对多的随机组合的互补对,可以最早成功地建立一个优化的初始位置.当然由于合作规则的原因,每个"叶"还得包含一定数量的最少珠子. 因为每个叶子在套圈区域中的五个珠子对于形成互补对是没有帮助的,还有一个最佳褶皱模型的条件就是它与链的长度有关.在80个珠子的情况下,这个模型正好就是三个叶或四个叶的叶状物.

这个游戏的引人之处就是它与现实性的关系. 所有的规则(比如互补对的稳定性或合作区域的长度)是依据实验数据综合出来的,因此是以完全现实的方式反映了RNS—分子的状况.所

以不感惊奇的是,这种结构,它在游戏中作为胜者而出现时,正好就是那样一些,它们是进化中"获胜"者而且在自然界中——在这里由于稳定性准则之原因,对于它们选择的前提条件总是被满足的——可以预先找得到.因此这些——由大约80个基本粒子组成的——遗传核酸是被选中了的.这就完成了将蛋白质【321】基本粒子正确地改编成核酸语言中自己的字码这样一个任务.在进化的早期阶段,当要形成传递机制时,对于核酸分子来说,还需分成许多功能类.在这个阶段,正好显示出那些最大配对的并以特殊方式褶皱的核酸结构,在对付任何方式的衰减时,是特别的稳定和具有优势.它们与单带分子链相比较,能够得到更好的保护,从而能够更好的"存活下来".当然那些在进化的后期出现的双带核酸,它们仅仅用于信息存储,完全是按照它们所代表的蛋白结构的功能作用来评判的,而不是依照它们自身结构的稳定性.

对称在涉及到分子的外部形状时是另一个具有优势的因素,这是容易看得出的.进化包括许多步的再生成、突变和选择.至于再生总是先出现——由于互补作用——一个负的拷贝,它在两步之后又变为正的.每个稳定了的结构优势都会以正负拷贝对称的分子构造——它们之间的关系正如一个图和它的镜面反射图之间的关系——在同样的措施下而被利用.(一个类似的情况"后天对称性",我们已在第7章中见过了(第15页).)

在我们的游戏中,选择是这样来体现的.在每轮投骰子中,执行的仅仅是有优势的突变者.其实这个链是应该交替地作为正拷贝和负拷贝的.然而这将是枯燥无味的.因此,在一开始就只允许这样一些结构,它们能够平稳地结束.

从这个游戏我们学到了什么呢?

获胜者一般是具有一个三叶或四叶的叶状物模型,这个事实掩盖着隐藏在详细结构的复杂性之中的某些东西.让某种的【322】珠子排序正好能出现两次,这种现象是从不会出现的——即使

人们终生来做这个游戏.

如果我们从一个约有四十个可能的互补对的“发卡”结构出发,那么立刻出现某一种完整配对之概率是1比10^{24}.在有四十个对时,那么对这四十个珠子中的每一个必须找到与它互补的正确的珠子——这对每个珠子来说,其概率是四十分之一.因此,一方面总共有$4^{40}\approx 10^{24}$个不同的序列,而另一方面对每一个固定的序列,在这$4^{40}\approx 10^{24}$个序列中只有一个才是它的补序列.

在进化中,依据选择值的梯度,这种(蒙诺多所称的)长远可达到的目标趋势是能够得到保证的.在每个分布中,那个具有最多互补对的序列是最稳定的,从而在选择中得到再生.如果我们看一看合作规则所限定的条件,那么在目标一致的驱动下,进化平均说来是在(少于)4×40=160次投骰子以后,这时完整配对了的结构就会出现(平均说来,小于160步的原因是无规则的初始序列中已经包含着几个“隐藏”起来的互补对).

人们也可将这个RNS—游戏作为“语言-进化游戏”,或者作为真正的“学习游戏”来进行.在分子的基本粒子之间的力作用中所出现的相应于字母之间的意思关系.在一个数量很大的随机字母序列中,我们总会认出或选出某一些来,它们要比其他的更容易的弥补成一个有意思的句子.许多已知的例子——如拼字游戏(Scrabble)或多米诺骨牌型的游戏——都使用类似的准【323】则,它们是在我们的自然语言中建立起来的.

表格 16 “信息”游戏

1. 方案

有一个棋板,分成8×8个格子(见图63),每个格子可画一个字母以及一个间隔符号或者一个百塔(Joker).字母或者间隔符号的出现频率对应于德语中它们出现的概率分布.这个游戏还需要一对8面体骰子,它是由参加者依次来投掷的.每个参加者每次只允许放入一个自己颜色的球到所投出的

格子.如果这个格子被自己的球所占据,那么允许投第二次骰子.如果所投格子是一个对手的——还没有"稳定化"的——球,则该球被拿掉而放上一个自己的球.如果人们从一组字母中能够组成一个字,那么就可以——但不必须——把所涉及到的球通过一个特殊的标记(如在一个相同的拷贝上画上小圆点)"稳定化"这些球,由此以来,它们就是"不能接触的".谁先投出一个完整的句子,谁就是胜利者.

这个语言游戏有自己的规则,也正好与现实直接相关.就像在RNS-游戏中,从一个任意的珠子排列依照选择能导出一个稳定的结构,在这里也能从任一个字母的混合中很快产生一个有意义的句子——它的a-优先——概率是特别的小.或者换句话说:存在一些奇异的字母集合,它们的特点是有特别高的选择值.在该例子的这种方案中,由于经常拿掉那些"不稳定"的球并紧接进行选择,这说明突变者在这里起着一个次要的作用,因为游戏者可以按照自己的判断来把字母组合成一个字.

2. 方案

这里要用到游戏板,在它上面每五个连在一起的格子对应着一个码单位.其中的一个游戏者用黑色和白色球——按照对手不知道的密码——摆出一个字,大约由20至25个字母(100至125个码符号)组成.对手——允许作记录——现在要做的是通过对单个符号的解释来说出这个句子的意思.对所提问的每个问题,其回答只能是"是"或"不是",而且每提一个问题,他就从自己的预备球中去掉一个球.对每个猜到的字母他从对手那里得到一个球.(他也可以用一个问题来猜中任意多的字母.)最后从猜中的球数中减去"提问题球"的数的2倍.其差记作该游戏者的结果.每轮游戏进行两次,使得每个参加者都担当一次猜谜的角色. 【324】

这个类似于电报密码,每个字母由五个符号组成它的码结构,能够用一个简单的组合表格来演变它,其中比如说,人们可以把两个中心相叠合的圆纸盘背对翻折,这里内圈含有字母,而外圈是五位字码.合乎情理的是,一开始就选择码的图表使得互相类似的字母如f和v有相互类似的字码,但它们仅在第五个位置上有所区别(基因码就是按照这样的原理组成的).人们可以用这样一些对错误不太敏感的图表比较快地达到目的.

	1	2	3	4	5	6	7	8	
0	D	E	A	J	U	R	Y	N	0
1	Ö		T	S	N	G		Q	1
2	T	C	P	I	E	H	V	R	2
3	N	E	Ä			Ü	E	G	3
4	L	D	K			S	N	I	4
5	H	R	E	B	Z	O	A	T	5
6	X		M	L	U	R		F	6
7	N	D	C	I	S	E	W	E	7
	1	2	3	4	5	6	7	8	

【325】 图63 字游戏的棋板分划.

最好人们在猜测时,这样来开始:将间隔符号作为字的分界找出来,但在询问时尽可能多地利用符号出现的频率、字长、句法等信息.

3. 方案

唯一不同于前一个方案的地方是,在这里码图表(例如电报密码的形式)是公开的(猜测的人可以按照一个码图表来进行).对此,他不可以知道符号的排列规则.猜测者也是提问题,其回答只能是"是"或"不是".对每个提出的问题,要付出一个球,对每个猜中的符号(以及一串符号,最多5个符号=一个字母)要给他相应多的球.算分数如同第二个方案的计算方法.

这个模型与香农的语言游戏很类似，也在第170页详细讨论过了.细心的游戏者对每个字母肯定会在第五个问题之后就猜中的. 但这还不能给他带来胜利，他应该尽可能多的在其问题中含有关于语言结构的知识，以便能以最少的问题来得出要寻找的答案.

16.2 “学习的”网络

每个物质上固有的记忆会在热量的不断损耗过程中中断.这样，为了保存其中的信息就需要一个连续不断的再生成过程.学习还要求有一个充分可行的校正能力.

一个好的，大概今天被理解了的例子就是免疫记忆力(参见第97页).起初人们认为，免疫系统的学习能力是以球状蛋白分子，即抗体的结构之适应能力为基础的.人们可以设想一下，免疫系统可以使自己与侵入者，即抗基因的形状相吻合，并通过连【326】接、凝固和衰减使自己不受损伤.但是这个由丽诺斯·保林提出的理论缺乏这样的认知，即蛋白质再生成记忆力只能在核酸之中.由此，人们很快找到了首先由佛朗克·马克发兰·布诺特所提出的设想的证明，这个设想是说，每个特殊的抗体是由淋巴系统的一对自身程序化了的细胞型产生的.由此可得到最终结论，即免疫记忆力是预先程序化的，也就是说，与遗传记忆是一致的.这是容易想到的，但这也同时遇到一系列的难题.免疫记忆力的程序化自身需要非常大的基因容量.对每个可能的外体，即对每个可能的分子结构，也就必须有一个特殊的抗体基因存在，如此一来，记忆力这个巨大的“立体形状”将是一个谜.

免疫系统是有极强的适应能力的. 首先它不产生抵抗自身结构的物质，不仅如此，它还试图学着容纳那些要么是很低要么是很高剂量的外部物质.如果没有这个首先由皮特·麦道沃所做的关于学习效果的基础性研究，那么比如说，器官移植从一开始就会遭到失败.

抗体分子的结构——首先由于罗尼·鲍特的蛋白化学研究，诺贝特·希什曼的氨基酸链确定以及盖拉得·艾得曼对链结构和辨识功能的完整研究——今天可在分子单体层次上给以解释.抗体是由许多个化学上相互连接的蛋白链组合在一起的. 每个链都有所谓的不变区域和变化区域.这就是说,在分子的一部分能与所有的抗体(或者抗体的一定类别)等同时,某一区域——特别是位于连结中心附近的区域——表现出个体的特性. 今天人们认定——当然这也是一个假设——在这个变化区域有一个整体性的力量,它不是在细节上能遗传的(这对于基因程序的容量来说,是要求很过分的),而是它每次在生物的一个早期个体发育阶段由一定数量的遗传程序化基本模型组合在一起的.这种组合——对此人们可以想像一个"驱体的"突变过程,有一些【327】证据表明了这种组合的存在性——能容许一个单体的免疫记忆来形成,并与体自身的蛋白分子相融合.

免疫系统不同的细胞型功能是, 每次只产生一种方式的抗体并且将这个抗体同时在它的表面上作为感受体显示出来 (见第98页).如果一个抗原出现,那么所有的(一般说来是已有的聚集松散的)细胞,其感受体与这个抗原——或多或少——稳定地连结着,都会活跃起来,既产生抗体,又能通过裂变来繁增.因此,感受体在这里起到一个天线的作用,它发出的是抗原在细胞内部出现的信号,并由此引起强大的抗体产生.

每个单体的免疫系统都有自己的"语言"."词汇"是由抗体产生的细胞的谱决定的. 正确的使用这种语言首先是从一个学习过程开始的并且加以不断的完善.这样,自然的就需要一种记忆,它能对自身按某种方式来组织.

尼尔斯·叶纳为作出说明曾制做了一个网络模型,其基本思想是, 抗体自身有抗原性质并由此可产生一个特殊的强化作用和抑制作用——比如关闭"天线".令人难解的是,在分子模型上, 大的无法估量的整体内容中不可避免的有类似的和重复的

程序，那么一个确定的程序是如何来区分体自身物质和体外物质的呢？根据叶纳的文章,这一点甚至是不必要的.每个体自身蛋白,从而每个由有机体所产生的抗体,本身都是另一个抗体分子的攻击目标.因此,在免疫系统的所有抗体之间就会产生一个功能性的结合,从而就出现了一种可能性,能够产生有组织的和可调控的东西. 这种互相作用既能把抗体分子也能把带有感受器的细胞结合成一个网络，它能协调并参考存储在它里面的经 【328】 验来回应抗原的刺激. 免疫网络的学习能力来源于一个反应关系,这个已在第3章(见游戏“生与死”的选择矩阵)作为不同方式的自我组织作了介绍.它包括自催化式的增强,同时也包括“与占位相关联”的压制.这种形式的过程在免疫系统的网络理论中来进行详细地考察,在过去的几年里已由皮特·利希特,杰佛里·豪书曼和格路特·阿当姆做出来了[93].

当我们听到“网络”这个概念时,我们一般的应该想到一个多重缠绕在一起、类似于网的形状. 在免疫网络中而这种缠绕——类似于细胞内分子的再生机制——纯粹是功能形式.

与之相反的是,在中心神经系统,单个神经细胞——在人类大约是100亿个——之间的连结是通过真正的开关连接,即所谓的突然接触来产生的,并且它是多重性的,能使每个神经元与大约一百到一万个其他神经元相连通(见图64),这种接触传递的是既有化学的又有电子的信号. 从而中枢神经系统是一个由电子(和化学)开关元件构成的“真正”的网络.电子通讯在远距离时当然要比一个通过物质传递的化学通讯快得多.学习过程,在免疫网络中需要几个小时或几天，而在大脑中只需要不到一秒钟.当然,“经验”或者“学会了”的确认又是一个物质过程.开关接触,神经元,是变化很强的——相反的是(在成人的大脑中)神经细胞个数几乎是一个常值而且不变化.神经元能够产生、消失和不断地在通讯中改变接触的性质. 大脑细胞的这种开关过程在胎儿时就开始了,并且到出生时还没有终止.它更为明显地表现



图64 这是莱蒙·易·卡亚按照"戈尔吉体色染"切片所绘制的一个儿童的视觉皮质神经网络图片的一部分.这里所示的是很少的几个神经细胞与很多的分支相连接，这样就可以有一个对上亿个细胞网络的复杂性的直观印象[94].不同于决策树(图1和图2),这些分支形成多重缠绕的圈.

【329】

出来是在出生后的阶段，一直延续到大约二至三岁时所有主要的连接就结合好了.此时一个稳定状态就形成了.但这并不是说，【330】由此这个整体过程就位于静止状态. 连接的形成和衰减仅仅保持一个平衡(一直到最终以衰退为主的年龄).特别是开关接触的特性(兴奋初期)常常发生变化.记忆能力和学习能力在网络中有自己的地位，即以开关的方式而不是像基因组中是以单个分子的形式.因此,在记忆中所存储的信息——与遗传程序的读出和编译相比较——是非常快的能够被再利用的.

在大脑中,信息的稳定存储当然是一个相对缓慢的过程,决不是——像在通讯中那样——以秒来实现的过程.它要求的是接触的立体感,这是建立在化学变化之上的.神经元在所有体细胞中是具有不同形式的最高级代谢,这就是说,它产生进一步的核糖核酸和蛋白质——但不是为了在这种分子中来存储信息，而是为了借助它们的帮助来构造一个具有校正功能的网络.这里又一次假设了自我组织这个条件,即开关元素具有一种能力，能够依据循环结合自动地刺激自身和相对地抑制对方.

哈旦·凯佛·哈特林[95]和佛洛得·阿特利佛成功地通过大蟹(limulus polyphemus)视觉神经单个纤维的“插线”来显示神经网络单个元素间电子的内部通讯. 复眼的每个个体光接收元素在光刺激下都会向上一高级的开关中心,即神经节,发出一个电子信号.单个神经纤维的这种传导技术首先是由洛特·阿得兰和他的学派发展起来的.维纳·莱夏特[96]能够证明,如何通过对网络的更高级层次进行交换地抑制和强化来产生感觉体清晰的轮廓图形.原则上,电子的兴奋模型可以在电视接收的屏幕上用光电进行再模拟.

分子的、分子-细胞的、或者内部细胞方式的不同网络,其【331】自我组织的先决条件的类似之处,就像它们在遗传机制中、免疫系统中以及在中枢神经系统中出现的那样，反映在描述它们的

相关理论的统一基本结构之中*.物理学家可以把这些事件之间的规律性关系加以综述:

没有记忆,没有不断的再生成和评估,或者过滤复制品,就【332】既没有生物的进化,也没有这样那样的一些思想.

* 关于哺乳动物中枢神经系统自我组织描述的理论表述是由大卫·马尔,查克·考万,胡·维尔森和克利斯多夫v.d.马尔斯贝格作出的[30].他们把大卫·胡贝尔和图斯特恩·维塞尔关于有组织感觉的经典电子物理生物研究用可见的皮质联系起来了.

第17章　正确提问题的艺术

我们在经验中学习.根据卡尔·鲍波的观点,经验科学的方法是演绎法.理论从来就不可能来验证,尽管可能它还是伪造的.分析自然界实用的各种伪造机能可以看出,演绎也包括着一个量的方面,这与归纳法相对比却没有被考虑到. 【333】

“一个动物学系的大学生曾成功地将东方蠊驯服.带着一种自豪感,他在自己的教授面前演示了一番所做的努力.

他把东方蠊排成整齐的队列, 然后发出命令:‘东方蠊,前进!’——东方蠊开始运动.‘左转弯’——然后所有的东方蠊向左转.

教授正要对他的学生这种惊人的驯兽能力表示承认时,他却听到了这样的话:‘好,等一下,现在才是最重要的.’

学生从最后一排中抓起一个东方蠊, 去掉它的腿之后再放回原位置,他现在又一次重复道:‘东方蠊,前进!’,东方蠊又一次开始运动,但只有一个,即那么平躺在地上的没有动静,‘左转弯!’,所有发生的都和从前一样,只有一个蠊无动的躺在原地.

教授询问的目光看着他的学生.

学生非常自信地说:‘由此我已清楚地证明了东方蠊是用腿来听话的!’

这个观点(见标题)

蠊——最古老的昆虫之一——与它相近的有蝗虫及蟋蟀,

都是属于直翅目家族 (orthopteroidea). 至少有几种形式是熟知的,它们的听觉器官是长在前腿的护甲上的."

17.1 演绎和归纳的对比

类比有哪些作用呢?

它教会我们,去提出更好的——也许是正确的——问题.

在生物的进化和思维的进化中就存在着一个类似之处.

如果人们问生物学家,进化的方法是什么?那么就会得到这样的回答:选择.

[334] 卡尔·鲍波对理论检验所持批评的方法不是在减弱"选择". 可仿造的或不可仿造的——都属于他的认识逻辑的两种可能性.

不可仿造并不能与可验证相提并论:

"理论是没有一次能够验证的",

或者——对这种不太确信的表述我们暂先承认它:

"一个经验-科学系统必须经得起经验的考验."

不可容许的——因为用认知逻辑的方法是不能断定的——似乎是涉及到产生思法的一些极端观点,大概像这样的观点"认为不存在一个逻辑上有理由的再构造方法来发现新的东西".不是我们要宣称这个对立面,我们仅仅担心的是,由此以来,根据生物学和选择现象相近似之处得出错误的结论 (或者确切地来说:不能相容的类比结论),比如说,它们把思想形成时,每种理智产生的直觉都归于约定之中.从而能再一次推得这样的结论,即思法就像突变物,与目标想像无关,大概是由随机生成者来产生并在一个选择评估这样的演绎检验中能得到征服.

事实是,突变的发生与当时的目标想像是无关的.突变的产生作为一个方面,而它的表现型的演绎检验作为另一方面,这两者必须是完全分开来的事件链.所有的突变者,它们若不能达到群体所确定的选择标准都将灭亡, 并由群体自身加以改造.反

之,存在着的群体不能作为一种验证,因为它自身又在下一个有选择优势的一代中将会作为牺牲品的.

这里很清楚的是,这种表达方式带有一个缺陷,其中,问题的提法不是最佳地与问题自身相吻合.选择有很多方面,不仅仅是一个二进制的逻辑判断:伪或者真.

【335】“最佳”这个概念今天可以通过一个物理上可度量的参数值来量化并因此已不是必须的表示方式了——如先前所宣称的那样——只是与“存活”即生存下来这个事实同意义的特征.首先在不同的边缘条件下——比如在演化反应中流的限制(见第273页)——那些最佳适应的构成分支也只能表示自身是仅有的幸存者.但在通常的现实环境下也可能出现,(几乎)所有突变者爆炸增长,或者不同“价值”的分支之间的简单共存,甚至互相协作.进化的历史过程通过个体选择作用的“价值”——调控运作最终发展成了一个“直觉”的集合.一种有意识的表达(或成为有意识的表达)作为一个整体能力是完全可与一个(多层次的)进化过程来比较的.在大脑中运作的过程,其结果是一种想法,作为一个统一的整体,它不仅是把所有部分合成起来,还在意识的形式派生出来之前,就包含着大量的神经细胞间通过兴奋和压抑所传递的通讯交流以及通过等级成员网络所赋值的过滤.无疑在这种机制中,也存在着偶然生成者以及它的信号的伪仿赋值.然而,整体的过程是建立在一个等级的组织程序上,而不是在一个简单的“要么——或者”上,这样的一个事实使得演绎和归纳的区别具有它们自身的独特意义.

仿造能够以不同的形式来实现.最简单的方法就是特索斯为探索科诺索斯半人半牛迷宫时所使用过的方法.阿利亚纳给特索斯了一根细丝,它有足够的长度,可以达到迷宫的中部.她想用这样的方法来确保自己的情人在通过幸运的战斗后能再找到回到自己身边的路.甫路塔克[97]报道了——非常确定和精练地——这个由阿利亚纳在途中交给特索斯的“教诲”:“他如何



(借助这根细丝的帮助)在迷宫中不会迷路."哥廷根的数学家和教育学家瓦尔特·利兹曼[98]曾经思考过这里面的"教诲"究竟是什【336】么.他得到的结论是,这个细丝用于来仿制特索斯曾走过的路线.用它来标记这些路线,然后再顺着路把细丝收卷起来,这样他就能真正到达自己的目的地.

像这样形式的"负片"选择方案,当然对于每次的决断来说都有许多其他方案可用.非常有效的方法倒是那样的一些,它们牵涉到一个有对比的挑选.依照选择赋值,不仅能将曾经试过的排除掉,而且也将所有在比较时不具有显明优势的能排除掉,而在具有优势的同类中将再次依照选择的标准选出最大优势的一类,直到最终的途径是由某一个赋值梯度来体现为止.无妨我们的是,把这个过程也作为演绎.难道这不就是逐步地成为了演绎的不同之处吗?而我们最终把这个不同之处修改为归纳这个概念.

当变化自动趋向于一个有目标的方向时,这就必须经过许多次变化才能出现.对此,我们只需要想像一下国际象棋或者围棋这样的游戏,其中那些突变的元素——没有预料到对手的一着棋——通过自身的主动也可以加以引导.经验科学的思维游戏无疑也属于演绎这个范畴.

当然,人们不应该过分夸大类似之处,而且人们还可能质疑说,我们没有充分把认识心理学和认识逻辑学区分开来.但是鲍波说过的话:"依照我们的理解,就不存在归纳"*正好就是这种挑战,提示着在如此不同形式的问题像生命的演化,中枢神经系统中思想的形成或者是借于科学有批判性的选择理论之中的类似之处.

当然,我们必须对我们问题的轮廓进行不断的清晰化——【337】这就完全像能自动引起我们的感觉意识在脑皮层的图像一样.

---

* 鲍波在此指的是经验科学.

在物理观察中，这样一些轮廓清晰化是通过特殊边界条件的选择直接引起的.

17.2 实　验

不是每个实验都可以这样来进行使得它的答案只是以"是"或者"不是"作为基础的.而以"是"或"不是"为方式的问题至关重要的一点是以许多关于问题的特性知识为前提的，而且总是在人们"自然"地已把它作为讨论对象而"接受"时才提出来的.米夏森-莫利试验,就是涉及这样一个问题,地球的运动是否会对光速的大小产生影响，就是一个这样的实验类型*(experimentum crucis),它的明确回答"不是"为相对论之路扫清了障碍.一个现代的例子就是由李政道和杨振宁所建议的,由吴健雄女士所操作的极偶实验;我们在第7章中已作了详细介绍.

进一步较常见的例子是自然科学家所做的实验，涉及的是获得新的观点,并从自然中得到启发和教育.为达到这个目的，方法的宝库就必须不断地扩展和精细化，从而探索者才能以洞察的、可度量的和分析的姿态在时间、空间和复杂性的新领域中不断推进.

伽利略是一位物理测量方法之父.虽然有些争议,是否他正好在1589年到1592年在比萨停留期间在斜塔上真正做了自由落体实验,落体规律的正确形式也许是他后来才发现的,即——如一份前不久所发现的文件所证明的——在1604年的中期**.但他写下这个公式是在此之后(1633年),当时正是他在佛罗伦萨 [338] 附近他的别墅中监禁的时候,由巴龙尼亚(Bologna)的利索奥利

---

* 这种叫法是佛朗西斯·巴空(1561—1626)提出的.

** 这份材料矛盾于公众所知的说法，即伽利略先是导出了一个错误的落体公式,其中他把速度和运动过的距离(而不是所需的时间)作为成比例来进行计算的.

和格力马底通过直接试验证明了自由落体的规律.

定量的实验在物理上是没有限制的. 从炼金术发展起了一种精确的科学,人们更喜欢用“分子建筑学”来称呼它.在合成方面所表现出来的大师们有罗伯特·沃得华特, 阿尔伯特·艾什莫斯或者汉斯·木克斯佛尔特,这里仅仅提及几个名字.这些分子的“艺术品”对于化学家不是很有吸引力的,并且在合成中——比如在维生素B_{12}的情况下——常常需要无休止地投入好几年的精力.正是自然界的分类学,使得化学家在合成的道路上,有时像“玩耍”似的,来获得大量的认识,以使在以后能够独立地合成它们.自然界给他们指明了道路.自然物质自身蕴藏着有趣的功能特性,因此,这才使化学家在进化中成功的进行了挑选——佛拉第米尔·普艾路格就是这样说的,他也是有名的苏黎士有机化学学派的创建者.

现代生物学的观点同样也是受到提出的定量问题的影响的.这里首先要做的是,从复杂的多种可能性中来找出那些具有自然优势的,体现最佳标准的解释.一开始就是非常重要的结构解释,如詹·威特森、克利克、维尔恳、考拉纳……的核酸,佛艾的蛋白质(基于上格尔、皮乌兹恳多夫等人的工作)以及西尼·布兰纳、色莫·本兹或者查理斯·牙诺夫斯基在遗传学中新分子生物学知识的重要应用.

在生物学中,我们今天也发现了一个类似情况,就像在世纪之交, 化学中所发生的一样. 跨越物理学和化学的大桥由尼尔斯·玻尔和卢瑟福的原子力学和哥廷根学派的量子力学架设,已耸立在人们的面前.正是化学家,他们首先在实验中发现了元素【339】周期系统, 然后才由一个统一的物理理论对此进行了解释.因此,在今天年轻的分子生物学中更注重的是经验性的“什么样”而不是(认识)理论的“为什么”.

现实中的研究途径决不是像回过头来所看到的那样, 是一条笔直的直线.在做实验时,也会碰运气,而且到今天为止——

像鲍波所说的那样——“也没有合理的再构造方法,去发现那些新的东西”，这些最后所表现出来的是研究活动的一个小插曲——即一个真正的事件.

对狂燥忧郁患者的治疗,几年前通过引入锂-疗法进入到了一个全新的阶段. 这种——追溯到澳大利亚的约翰·卡得的观察——方法在定量的治疗程序中主要的开拓之处是由丹麦的心理学家莫根斯·施欧发现的. 【340】

当然在学术界引人注意的是来自美国联邦州特萨斯的一条消息.

一个研究小组公布了一个统计结果，它记录着一个地方的饮用水中的锂含量特别高，而这个地方的精神病患者的人数要比美国其他地方的平均数少.人们把这两件事结合起来,得到了一个(大胆的)结论,锂对(不只是很特殊的)精神病症有治疗作用.

后来才清楚地知道，锂对于狂燥忧郁病——并且只是对这种病——有所预料的特效. 当然它的作用是局限在一个很狭小的浓度区域的.太小的剂量即使长期使用也毫无作用,但是太大的剂量引起危及生命的中毒. 像莫根斯·什欧所发现的那样,要达到一定数量的但超过血液中自然标准的锂-离子浓度,并能维持下来,只有在这种人工的锂标准能够严格地保持着时,那么病情的典型症状就会几乎完全消失——因此，病人不需要住院治疗.一旦降低这个标准,那么病情特别重的病人往往会按时有规律的再次发作.

关于锂-离子的治疗机制几乎是不知道什么. 有证据表明，这种病与遗传上有一定损伤有关系.一方面,有疗效的锂-浓度的绝对值也表明了一个特殊的承受作用，这种浓度在量级上是超自然的,另一方面,却又低于其他化学性能相近而在竞争中起作用的离子的内部细胞和外部细胞的浓度,如钠和钾.也许这里涉及到自然接受者由于损伤而引起功能丢失所需要的补偿作 【341】

用,而这个自然接受者可能(也许)与少量已有特殊作用的碱土金属离子如钙或者镁的联系要早于高浓度的强碱-离子钠和钾[100]. 无论如何，人们将会对这些极其有趣的问题或迟或早给以解答的.

那么从特萨斯的这个统计能说些什么呢?

对其他联邦州(北加利福尼亚)也有类似的饮用水比例的调查，结果表明对于所关心的狂躁忧郁病却与饮用水的锂含量没有任何重要关系.根据定量的医学研究,这样的一个互相关系也是不能期望的，因为饮用水中所期望的锂的最大浓度也是达不

【342】到任何有效果的界限值.

第18章　与美共游戏

爱纳·玛丽亚·里克把音乐称为所有语言都终止于它的“语言”.一种语言的形式结构是可以分析的.这一点也出现在艺术的表现形式上.在艺术作品中,这种严格地建立在最优功能上的进化概念是没有的. 游戏式的偶然性特点比较强烈地表现了出来. 一个艺术作品的表达能力完全依赖于艺术家的天赋.然而如同在进化中,其结果具有偶然性和必然性一样, 艺术作品的创造性也有思想性评价的严格标准——或者就像特欧多·阿道诺所说的:“在艺术完全是游戏的地方,其所表现的就是不平常的.” 【343】

18.1　美学信息理论的意义和范围

人类的能力,即在参考自己已积累的经验下,能够进行新的组合和反映自己的感觉意识这种能力, 实际上是取之不尽的——尽管受到思维器官的物质限制.中枢神经系统是一个“开放”的系统,在这里,信息不断流入,并立即按照等级制度加以分滤、转变、编排.信息没有守恒定律.依照大脑中运作的力学过程就会出现信息的选择、不可逆性和演化. 在心理学概念的意义下,它是有形的(见第6章).

每个反射的信息首先是一个主体,它有三个互相区分不很明显的方面,这些直接与鲍波和艾克勒通俗化了的世界观有关,即

●一个绝对方面，它涉及的是符号集合的量及其多余信息.

●一个语义学方面，它是在一般协议和约定的框架下，询问其意义和意思的，以及

●一个主观方面，它反映的是个体的素质、亲身经历和知识.

阿巴哈麦·A·莫勒斯(Abraham A. Moles)称这最后一个方面为美学的且定义：

> “美学的信息是不可翻译的，它涉及的不是一个包罗万象的泛全体，而是一个由发出者和接收者共同构成的一个知识的整体. 美学的信息理论是不能用一种语言或者另一种语言来译出的，因为根本就不存在这种不同的语言.它与个人信息概念非常的接近.”

一个真正的美学信息理论的困难之处如同一个语义学的理论一样.原因是：意义的形成和意义分配——如每个意识过程和学习过程——都是动力学的自我组织过程. 一个正确的理论就【344】必须精确地包含时间变量，并不能仅仅只是遇到符号集合平稳的概率分布.同时，它又得反映着开放系统的潜在复杂性.至今还没有一种理论能以令人满意的方式满足这些要求.

在信息论的基础上来分析艺术作品就只有“快镜照相”的色彩，借助于此，也许可以抓住几个有说服意义的多余信息.人们往往试图用这个理论最大限度地数学化来填补它的缺陷，其中人们用香农的熵公式写出了一个几乎是崇拜意义的解释.但是，香农的概念仅仅作为一种有能力的东西在一个封闭系统中具有固定的符号量和确定的概率分布的地方得到了证实. 美学研究的对象一般说来是不能规范化的，并且它的真正信息含量正好

在形成中值时就会消失.

与此相关的例子便是阿巴哈麦·A·莫勒斯所进行的关于“音乐节目的社会文化根源”的研究.成为我们的批评对象正好不是那些辛苦编写出音乐文献作品上演的概率表格. 这些表格是非常有说服力的,首先作为一面镜子,它反映了不断变化的时代气息.在计算熵值时,正规化条件也是较少被考虑的——易于处理的毛病——更多的是试验的无意义性, 它可归结为不同的原因,追溯到许多的参量和细节性的结果,所有这些都可归纳为几个“特征数”.一个“原始性参量”有哪些意义呢?有时它是由于作品本身要求很高, 这样上演的可能性就较小, 而另一些时候——上演的次数相同——表现的却是一个经常上演的, 受到人们喜爱的,而几乎是被忘记了的一般作品.这样的一个平均值的形成将是不适合于信息的,而相反,简直就是破坏信息.

一个更有“魔力”的信息美学量是建立在由乔治·大卫·博克霍夫[101](George David Birkhoff)所引入的“美学序测度”之上的. 【345】人们可以把这个量作为主观的多余信息来描述, 因为它记载的是观察者在考察一个物体时所引起的熵的相对变化. 作为——可能是很小的——两个都有某些误差的中值的差, 这个量反映出来的不是一个有很大差异的描述. 在中值差的位置上来形成差的中值,将会是非常合适的.因此,人们就必须再次回到对个体概率在观察时的变化进行确定, 然后才能关于所有这样的差值取中值.

然而,这就出现一个同样的问题:当个体的情况已能够观察到并且也被表示了出来,为什么还要平均(取中值)呢? 仅是如此,这对于一个艺术作品来说已是够标准的了,但在物理中,人们使用的是(统计的)熵概念,正是因为被观察的个体(以及微观状态)是无法接近的,而且——在充分多的微观状态下——中值能够主要地描述宏观关系.

所有这些绝不是说, 一件艺术作品基本上就可以脱离信息

理论对它的分析. 但是，这个分析也不能仅停留在目标本身上面，而必须从具有分析头脑的科学工作者和有创造性的艺术家的紧密合作上来完成*.

就像在游戏时所作的分析，它所提供的只是一种规则或规律性.这一点一方面存在于艺术作品的形式之中,而另一方面又受到时代的风格以及作品作者的性格之影响.

作为序关系的例子，我们来研究一些乐曲中音区的出现频率.

音的过渡和区间对于一个作曲家和他的作品来说要比音调分布本身更具特征性. 音调分布——至少在“音乐美妙之巅”中——主要是通过作品的音调形式来确定的. 两个相邻的音调之间距离的频率分布是远远不依赖于音调的形式，假如我们不考虑音调的属性(Dur或者Moll)的话.它是由乐曲的形式确定的并且反映的首先是那个声音的作用——领音或者伴音.

图65综合了由威廉姆·佛克斯所进行的几个分析结果[85].每次都要对小提琴的声音进行分析.在古典的室内音乐作品中,小提琴承担的大部分是领音，但它不像在雕塑豪华的音乐大厅里举行的音乐会,有相同的效应.这一点对于所得的结果的评定是重要的. 【346】

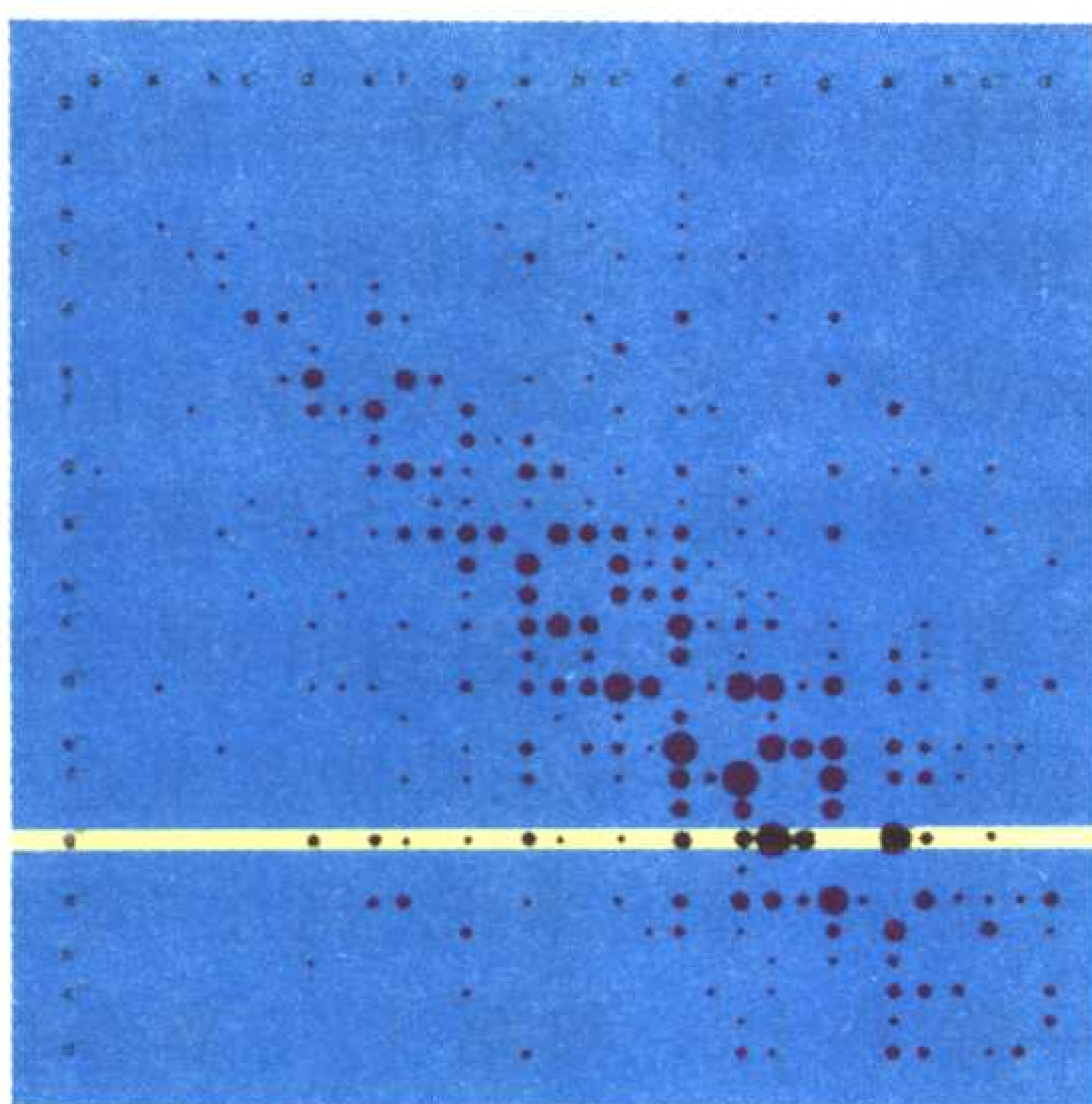
* 试图来实现这样一种合作——大概是以“马克斯·普朗克音乐学院”的名义——的努力在我们这个时代已是“重大思想”的牺牲品,所称的“后柔工作小组”的成员有:皮埃·波莱兹,佛里得·埃格尔斯,曼佛里德·艾根,沃尔夫刚·佛特纳,然厚特·哈莫施坦恩,维纳·海森贝尔格,欧艾勒·尼克勒,艾第特·皮西特——阿克森佛艾得,乔治·皮西特,保罗·沙赫(负责人),佛里得里希·施耐特,卡尔·色曼,卡尔·佛利得里希·冯·威茨克,奥图·外斯特发,卡尔·乌斯特,康阿德·兹外格特以及作为顾问的成员:狄特里希·佛施——狄斯克,叶胡丁·买诺英和乌多夫·塞尔恳.目前,皮埃·波莱兹在巴黎成立了Beaubourg中心,尝试来实现该计划的一部分.

佛克斯对音调关系的表现选择了一个数值表来描述，大概就像我们对距离所做的表格示意那样.在这样的一种表格中，城市是在两个坐标轴上用相同的顺序标出来的，这样——除去对角线上以外——表中的每个位置都对应着一个城市对，从而也就对应着一个相距值. 图65中所示的相互关系涉及的音区出现的频率度，其中音区的大小是由每个圆面来表示的.与距离表格的区别是，这里的对角线上也包含着有意义的信息：相同的音调完全可以多次连续出现，是的，相同音符在许多乐曲中甚至是一个最常出现的音节.有趣的是对于安乐·韦伯来说，这个“零音区”(见图65中的主对角线)——除第十一和第十三半音区外——表示的是唯一的可以看得见的协调关系. 只有当人们仔细观察时，才会注意到——与随机分布相比较(见图65)——几个进一步的互相关系，即又是那些一次次以一个八度音为距离向后推迟的(大)七度音和(小)六度音. 【347】

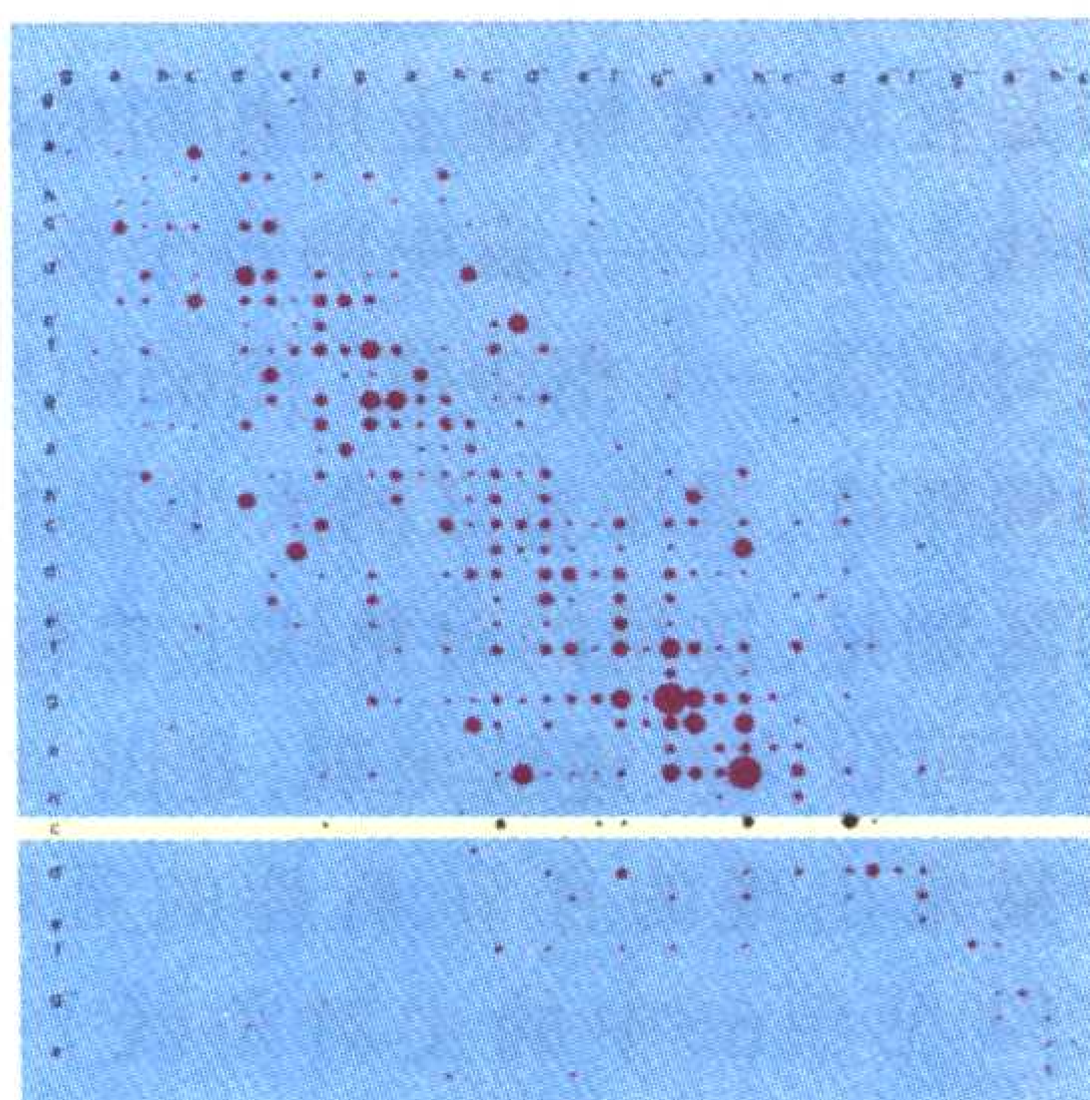
同样也可从距离表格中获得偏离对角线的上半部和下半部的不同信息.向着上升方向的过渡完全是以另一个概率出现，不同于它的逆反方向 (从a到b的距离和从b到a的距离是相同的). 杰·飞利甫·艾莫曾提出过在基本低音的主音中，降五度音具有优先之处(见下所述).

在这里所做的又一次的分析表明着一个更为显然的结果，可总括如下：

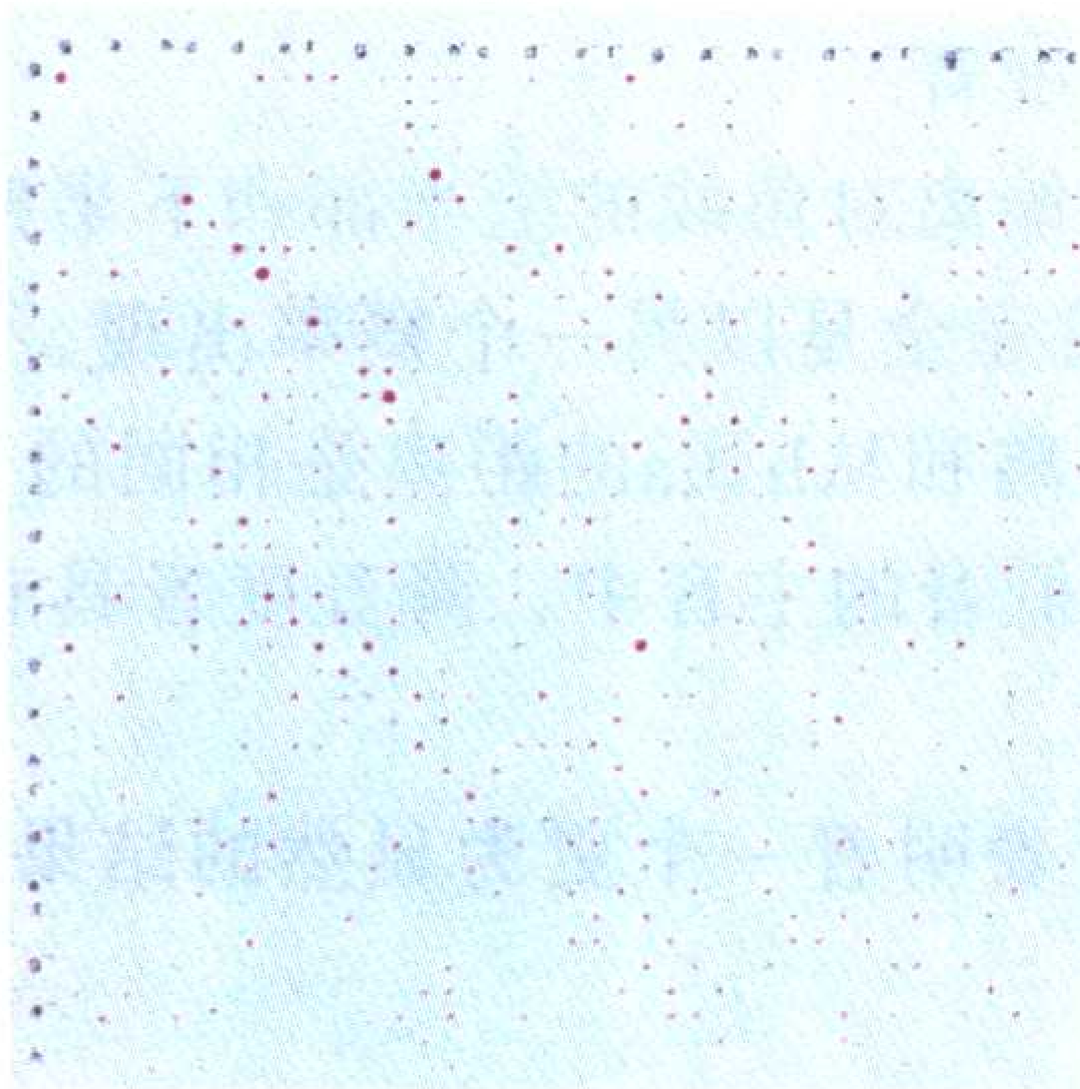
●在古典音乐中，不同音区的非均匀处理要比现代的，特别是所谓的新音乐来得多.阿诺特·什贝格曾要求对八度音阶的十二个半音都以相同的方式来加以处理，以此在一定程度上来将这些在古典音乐中有着等级从属关系的音区“社会化”.但是，就像在一场变革中常常出现的那样，这种从属的支配关系很快就又回来了.如图65所示，韦伯明确地把不和谐音——特别是第十一和第十三半音区——首先是



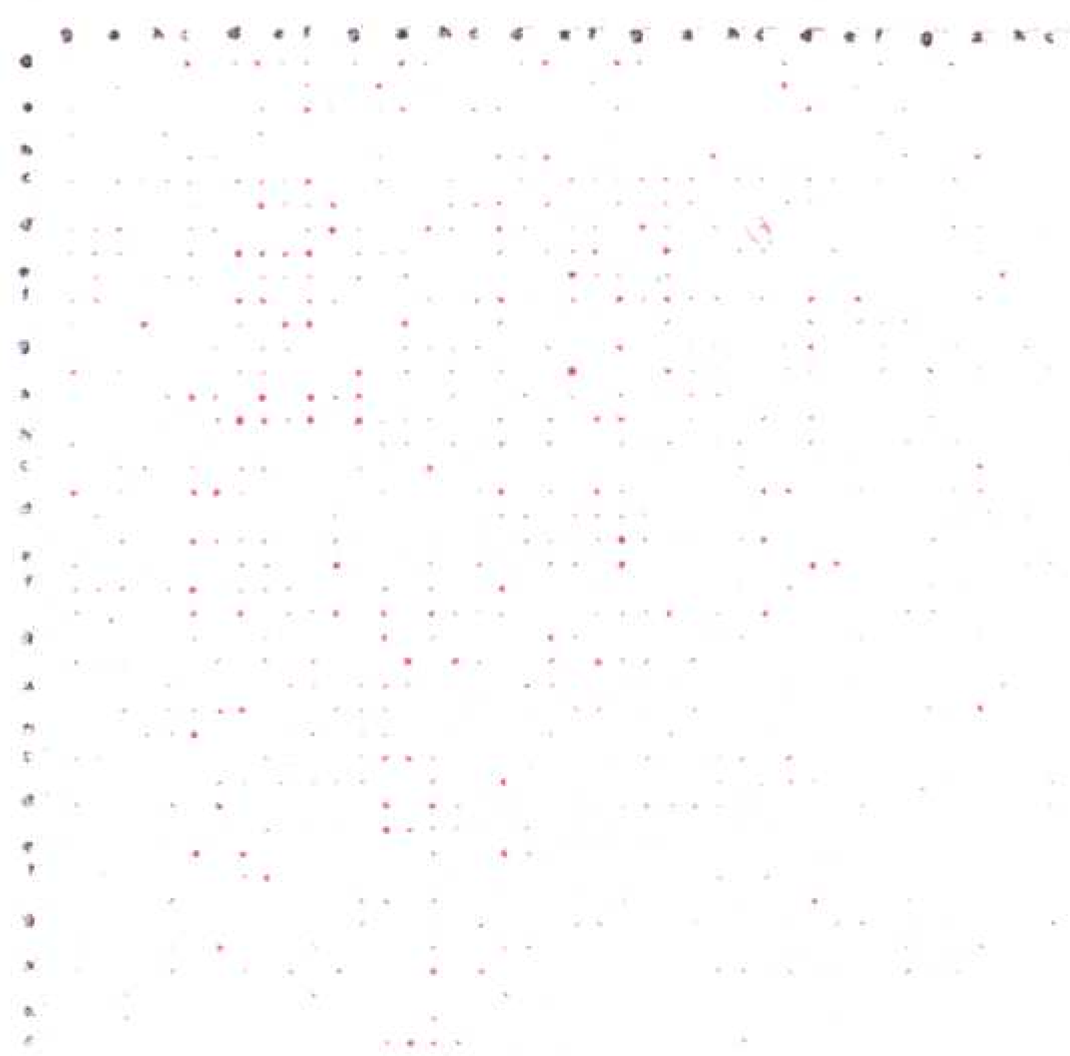
巴赫的过渡频率
二重奏小提琴音乐（第 1 小提琴）
元素的数量：1000
元素的百分比额≠0：23%



贝多芬的过渡频率
弦乐四重奏74 号（第 1 小提琴）
元素的数量：1000
元素的百分比额≠0：16%



韦伯的过渡频率
三弦曲第 20 号（小提琴）
元素的数量：635
元素的百分比额≠0：24%



完全无规则的音调序列的过渡频率
元素的数量：635

【348】 **图65** 威廉姆·福克斯[85]的音区关系依赖表.小提琴的每两个稠密汇集音调互相关联在一起.

相对八度音而言,放在“优先”于其他音区的位置.

●音区出现程度的不等分布，像在巴赫的二重协奏曲和贝多芬的弦乐中所表现的那样，是有意识地根据音区的数量表达来体现. 大二度音的优先地位表明小提琴独奏部分的标准,但要涉及到艺术家或者时代的风格,它就不是一个理由充分的解释了.人们并不能由此断言,巴赫大概非常偏爱二度音程,而贝多芬是偏爱第一音的.

勒亚仁·A·席勒(Lejaren A. Hiller)和卡维特·比扬对沃尔夫·阿玛多·莫扎特的钢琴奏鸣曲C–大调（KV545）作了一次分析,其中代替音区,他们对音调的绝对分布进行了统计.C大调领头音调的平均频率关系. 【349】

c:d:e:f:g:a:h在这里表现为29:5:19:7:40:12:8.(音调fis,cis,gis,dis和b虽然也偶然作为转调出现——与所列出的那些数目相比较——但依然是可以忽略不记的.)这个结果清楚地表明起支配作用的(g)音具有突出的地位,其他的音不是很明显地表现出来,这是因为所有的音调都放在“一个锅里”.人们必须对声音导向逐一跟踪,对满音符进行分类,可能的话,使用加权因素.如果人们在同一个奏鸣曲中按声音分开来做一个音区的分析,那么其结果是二度音成为右手明快欢乐章节和标准的特征，而三度音、四度音、五度音和六度音多出现在伴随的基本音调的序列之中.

所有这一切对于所涉及的作者来说，当然不是故意要把它隐藏起来.因此,威廉姆·佛克斯强调说:

“音乐科学研究者可能会对我们的频率分布提出许多自然的批评问题：第一小提琴部分在一个乐曲中的不同部位会有极不相同的重要性. 它可以在一段中主要地来决定旋律、节奏以及和谐,而在另一个地方却起着在音乐上完全

从属的一个作用. 这样的一种形式和其他的一些重要的具体情况当然在音乐学的量级研究分支中也必须加以考虑.

18.2 艾莫尔和什贝格

新的东西不总是好的,而好的东西往往不是新的.

1722年巴黎的让·巴梯斯特–克利斯多夫·巴拉得出版社出版了当时最有意义的一本关于美学信息分析的著作,即让·飞利浦·艾莫尔写的《和声原理》[102],这本著作作为和声的法典历经长达近二百年的历史,就像它的副标题所称的那样,该著作将这些法则归结于自然原理,艾莫尔的这种观点,即音调是建立在和谐之上的,是由"一系列"的新音乐——它也是将声音的关系固定【350】下来——证明了它的不合理之处.但是,从另一个方面来看,如果完全去掉称之为音区"社会化"的和声,而自由的增大音乐的"序单位",也将使声音技术停留在难以实现的状态下,这种声音技巧对大多数人来说,自它的诞生以来就多次听过,却还是作为"新"音乐来接受的.对此,卢道夫·斯代芬说道[103]:

> "也许什贝格的意思是,12音技术能使更大的形式得以实现,也许他也不愿意12音技术和主题作品分割开来.什贝格和他的学生所证明的同样的是,12音技术与严格的主题旋律一起才能产生更大的形式."

我们的意识和记忆能力上的这种感觉, 特别是精神—物理上的前提并不对突变和组合能力,还有(由动机中心"所要求"的)选择赋值的范畴提出一些自然的界限.与此相关而且有趣的是, 新的语言研究在深层结构中也要求广泛成立的原理作为一个前提(见第301页).这种比较对我们来说是有原因的,如果语言和音乐功能——一个是分析的, 而另一个是侧重于综合的——的形式是在我们大脑的不同半球中进行的话. 当我们在

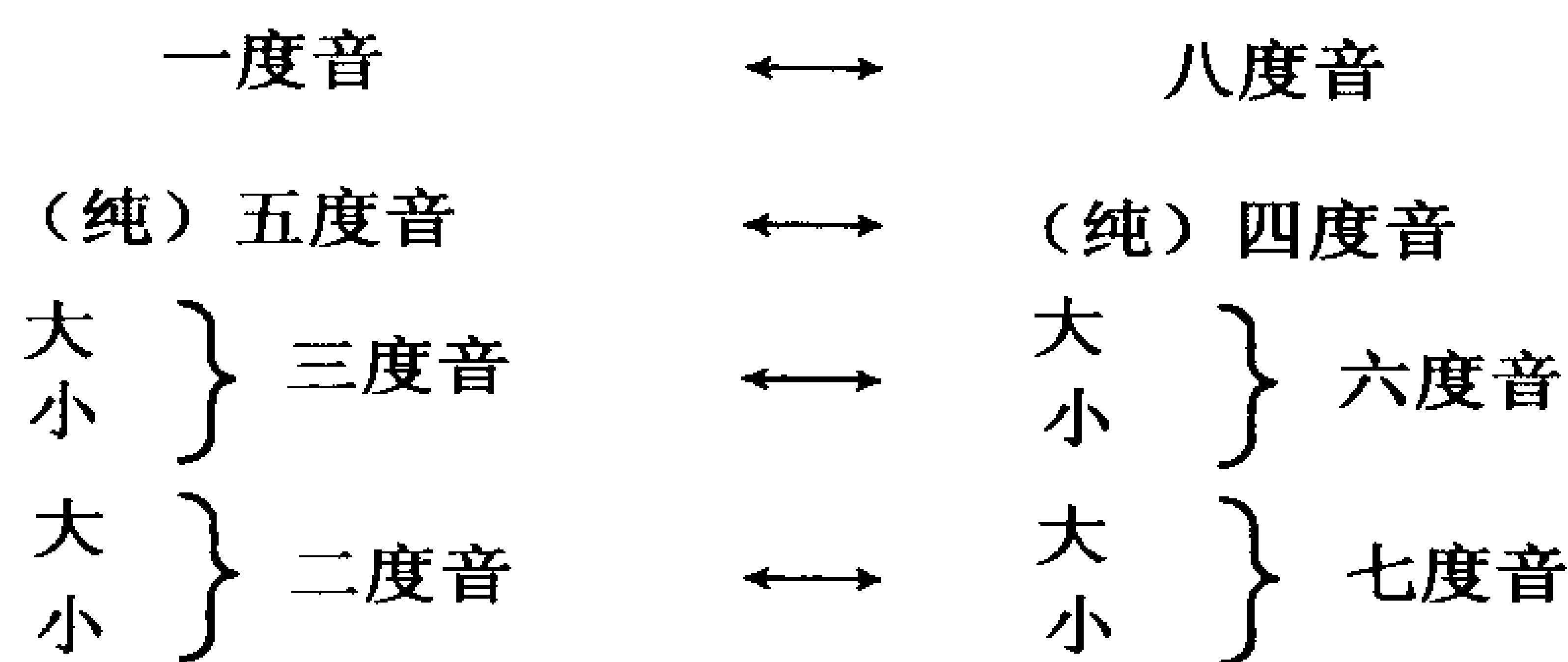
以后的几节中再次突出一定规律性的重要地位时，那么我们就会完全明白，这些规律性与艺术作品完整的美学信息没有重要关系.是的,它们的表现行为就像真正的游戏中的游戏规则.

在艾莫尔的和声规则中，其出发点首先是以一般低音部作为基本作用的.基本音调的渐进,事实上是按可再现的概率规则来实行的.阿兰·艾温尼·麦克候斯[104](在计算机引入之前)就对5 000多种"音的运动"——它们相应于音调的过渡,对此佛克斯在其相互关联图中作了记载——作了分析和评估，其中包括约翰·色巴斯坦·巴赫（1685—1750)，乔治·佛里得里西·享德尔 【351】(1685—1759),卡尔·享利希·格豪*(1704—1759)和乔治·飞利浦·泰勒曼(1687—1767)的作品.其结果汇总在下表中.在连着出现一般低音的基本音中，不同音区的使用是以如下相关的频率出现的.

	一度音	二度音	三度音	五度音
J.S.巴赫	16	21	11	52
G.F.享德尔	6	29	6	59
K.H.格豪	6	18	12	64
G.Ph.泰勒曼	12	23	10	55
平均值	10 %	23 %	10 %	57 %

在这个研究中,没有考虑八度音的关系.这就意味着,另一个方面,在八度音范畴内,人们可以把(纯)四度音作为(纯)五度音的转换来理解,也就是说,作为一个下降的五度音和一个上升的八度音的组合来理解. 类似地可以考虑6度音和3度音这一方面以及七度音和二度音作为另一方面. 这里长音区和短音区还

* 自1740年他是佛里德利希大帝的宫廷乐队大师并负责柏林剧院的扩建工作.因此上演了许多他自己的作品.



得特别加以注意.这样,一般说来,在一个音形下,其转换表如图66所示.

在一般低音部中基本音的运动是向量式的,与方向有关联.艾莫尔的概念不仅包括着方向,而且还包括了关于更大阶段的持续性.对于基本音渐进的选择规律可从图66所示的表格中看【352】出来.阿兰·艾温尼·麦克候斯把他的统计结果扩展到所提到的(早期)18世纪的作曲家对这些规则的使用上.给人印象深刻的又是这种一致性,它能够清楚地被表现出来.下面的表格所示的类型可从图66中总结出来,所提到的作曲家就是按表中所列的(相对)频率来使用它们的:

类别	巴赫	亨德尔	格豪	泰勒曼	平均值
1	38	42	40	35	39 %
2	34	34	34	38	35 %
3	19	18	18	18	18 %
4	7	5	7	6	6 %
5	2	1	1	3	2 %

我们举出这个例子——也许有些太详细了——是要说明,音乐"语言"的形式结构不仅是可分析的,而且整个音乐的全面发展也主要是由和声规律的有意识使用而得到推进的.然而,我们在此只是写了小小的一节,也许我们可以在这本书的框架下作些进一步的阐明:

如果基本音调的渐进仅仅建立在和声上面,那么和声将会

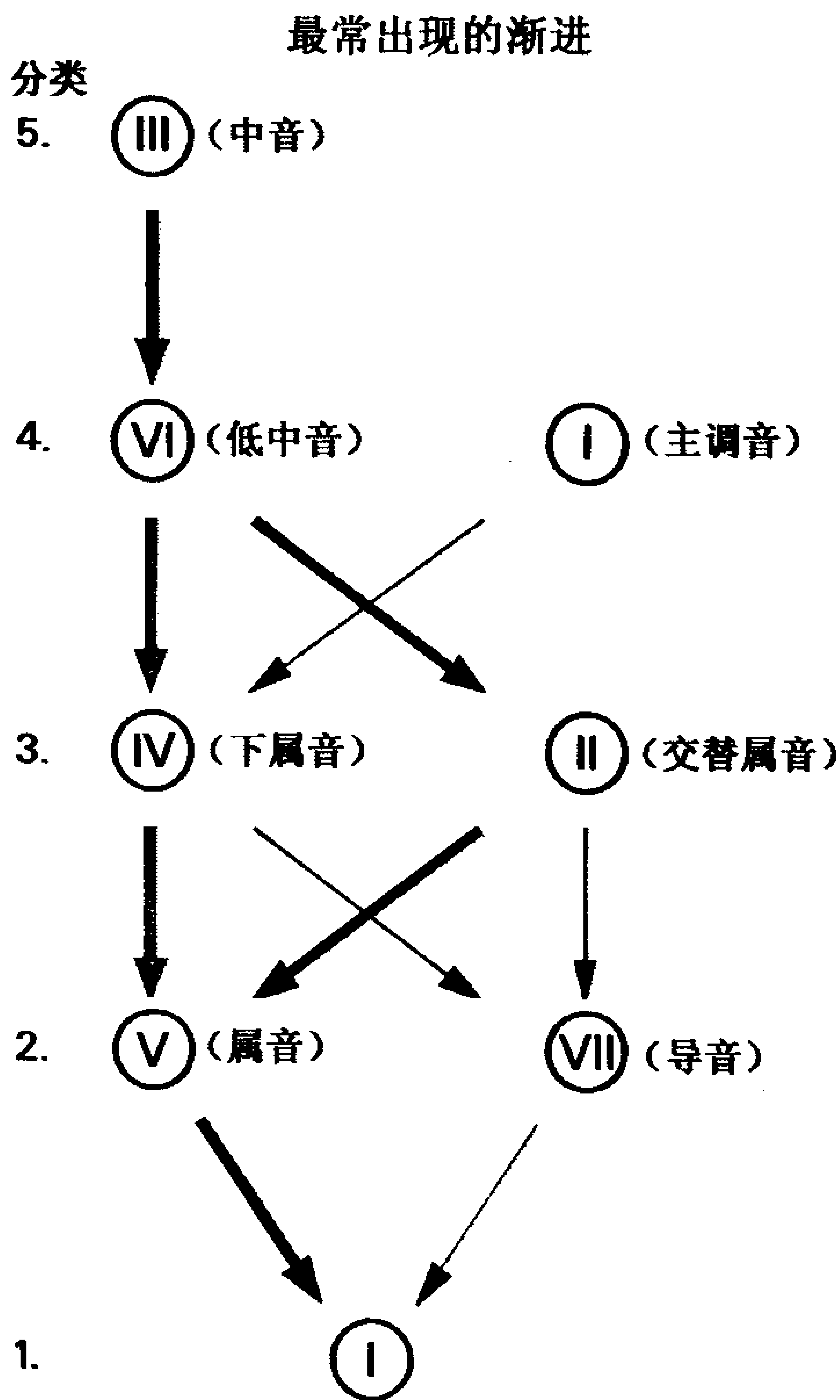


图66 一般低音部中，基本音调的顺序是按照艾莫尔的和声法则来确定的.这个图显示，渐进到主调音是最常出现的.由此人们可以直接到达每个所示的层次.

在第354页的表格中将会看到，所提到的作曲家是以怎样的频率来使用不同的类型的.在这里所示的通常渐进平均值是79%.在人们到达这个正常渐进之前，大约10%的情况是重复已出现的层次.与正常渐进相对立的音调运动的出现是7%，音节省略的出现率是4%.粗箭头表示所涉及的渐进被经常使用，颜色表示的是音区的跳跃（红：五度音↑以及四度音，绿：三度音↓，蓝：二度音↑）.（文献选自：阿兰·艾温尼·麦克候斯[104].） **[353]**

是单调和枯燥的.变化的可能性太小了.因此,人们使用转调.这样,既可以有全音阶的特性,即有音形和弦序列的基本点,也可以是通过半音转调来衔接较远的音调. 极端地使用转调来衔接"非和声"的音调,其结果只能是取消了整体音调的概念.这种发展使19世纪的音乐也成为了具有强烈主题和动机的作品, 并且完整地继承了声乐原理. 类似的变化在音乐上也可从什贝格那【354】里来观察.

音调序列, 特别是主旋律在格来哥的圣歌旋律中可以通过加入"非和声"的音来协和的形成.这样,可以实现极不相同形式的任务,比如作为前导、变调、派生、支持;是的,没有它,就没有旋律.安尔斯特·甫路赫对此写道:

> "因为如果我们不这样做的话, 就根本没有什么音调. 当然音调自身可以再往前迈出短短的几步. 但是这个很快就会结束,五度音使一切都相同,并起着辅音的作用.只有主音继续着,而这已是一个纯人为的产物了."

正是多重奏学说把音乐从一个已衰落的和声状态下拯救了出来.多重奏的规则是1725年——即艾莫尔的书出版后的第三年——由约翰·约瑟夫·福克斯在其教科书《巴那斯经典》中总括给出的. 还有保罗·享特米特的作品也是以这个伟大的著作为基础的, 这部巨著是1742年由罗伦兹·米兹勒从拉丁文翻译成德文, 它在作曲方面的作用绝不逊色于艾莫尔的和声学说.

似乎出现了这样的局面, 古典音乐最终必将无休止地重复着由和声学和多重音调学所限制的规则之中.但是,如果我们来观察一下19世纪音乐中,它结构的丰富性和复杂性,那么我们就会看到,作为"语言",它的可表达性实际上是无穷无尽的.如此一来,我们不应该把新音乐作为一个必然结果,而更宁愿作为音

调音乐的替代者来看待.如果新音乐有意地放弃和声的要素,而只是在物理上来定义,并将它作为那样一些可以直接感受到的东西,这一点会更明显.相反,新音乐几乎所有抽象的要素首先在理解上都是可以被接受的.

阿尔诺·什贝格虽然把艾莫尔作为法典的和声规矩完全彻底地打碎了,但是新的、并不比原来少的互相关联的规则同时又被他制造了出来.

十二音技术也是使用了缓和的声音,在八度音中它规定了半音序列中的十二个半音.由于所有的音区都位于绝对的平等【355】地位(比较一下图65中,韦伯不守此规则),音调的音性和方式就消失了.新音乐的基本点就是所谓的“序列”和“系列”.所有的十二音都应该在一个序列中可能一次或仅仅一次出现,仅这样的序列就有大约5亿个*.

这个数字包括了所有的组合可能性,像通过镜面反射、区间逆转等所形成的组合性.此外,主题形式通过更多的八度音的引入明显地增多了.因此,在一个“系列”之内——它自身就是一个抽象的产物——音乐的思想和灵感能够以不同的形式和方法得到实现.由此可知,音的长短、节奏和音色都是按照作曲家的喜好来决定的(什贝格也不例外).和声消失的意义和目的首先是在于主题和动机的绝对化,就像它在古典音乐——如贝多芬和勃拉姆斯的音乐——的发展中一样总是以较强的形式出现.与“旧”音乐相比较,“新”音乐的感受无疑占据着我们大脑的另一个中心,这个仅仅是多一次地强调了在音乐形式上的替代特征.

当然主题和动机的处理需要一系列进一步的主导策略;只有这样,十二音技术——就像卢多夫·施待芬所说的——才能创造出“更大的形式”.这种序列(或者其中的一部分)能够以48种

* 这是一个12个数字的排列:12! =1·2·3·····12.

不同的转调来回转换,而不需要考虑全部的可能性.它可被转换成12个半音阶梯中的任何一个，并以四种基本形式中的一个表现出来：

- 正规形式
- 回转
- 落降形式(称为蟹形)以及
- 回转蟹形(以及蟹形回转)
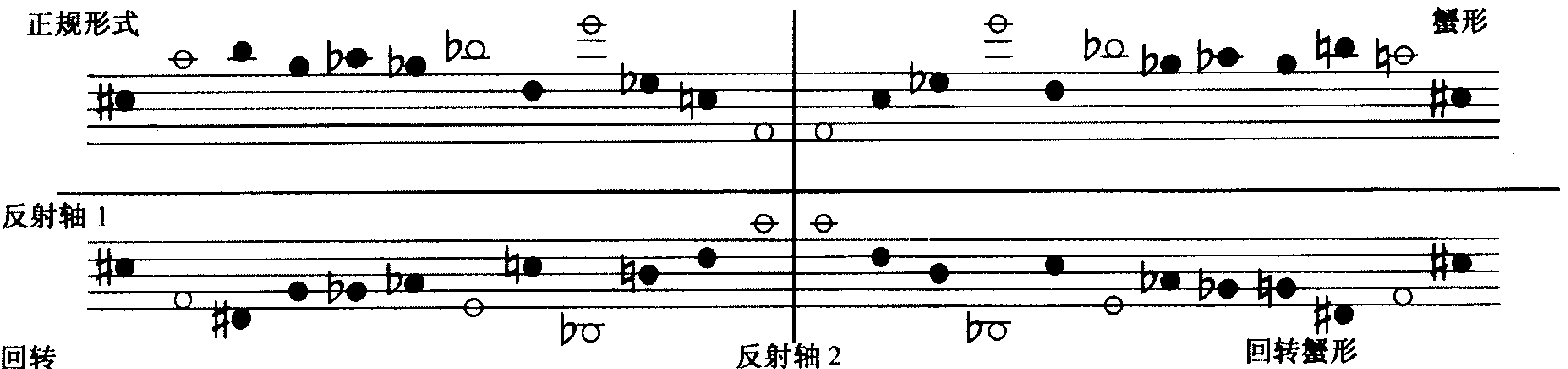
在那些正规形式的变化中,涉及的是一些简单的反射(见图【356】67).回转可以这样来获得,人们从始音开始,以八度音的一半距离为轴线反射到谱线上.

这样所有的音区相对于始音都要转换符号，而它们依然保持着自己的绝对高度. 系列的每个音调在回转中与始音的区间距离正好就像在正规形式下的相互距离,唯一不同的是方向(向上和向下)相互调换了.

蟹形是通过绕时间轴线的反射来形成的，即以一条由该系列最后音所确定的并与谱线垂直向前运行的直线为反射轴的.因此,这样的反射像就好像是从后向前来读的音调序列.

回转蟹形以及蟹形回转实际上体现的是这两种反射作用的合成，在这里这两种作用的先后顺序是不能调换的——无论是怎样的情况,只要是系列的始音与末音不一致就不能调换(根据什贝格的系列原则,这是排除在外的).在乐谱中,人们事实上是可以想像这两种(横向的和竖直的)反射轴线的(见图67).

这种准则现在在新音乐中（按照什贝格的说法）不仅被强化,同时也放得更宽广了,首先,系列的想法也扩展到了其他领域,也就是说,被绝对化了.节拍学、节律学、音长、音色和强度,所有这些都成了系列结合在一起的题目. 通过组合这些不同的系列形式就产生了至关重要地影响音型的效果.例如卡尔·海恩



选自阿尔诺·什贝格的华尔兹（第 5 号）“五钢琴曲”，第 23 乐章的一节

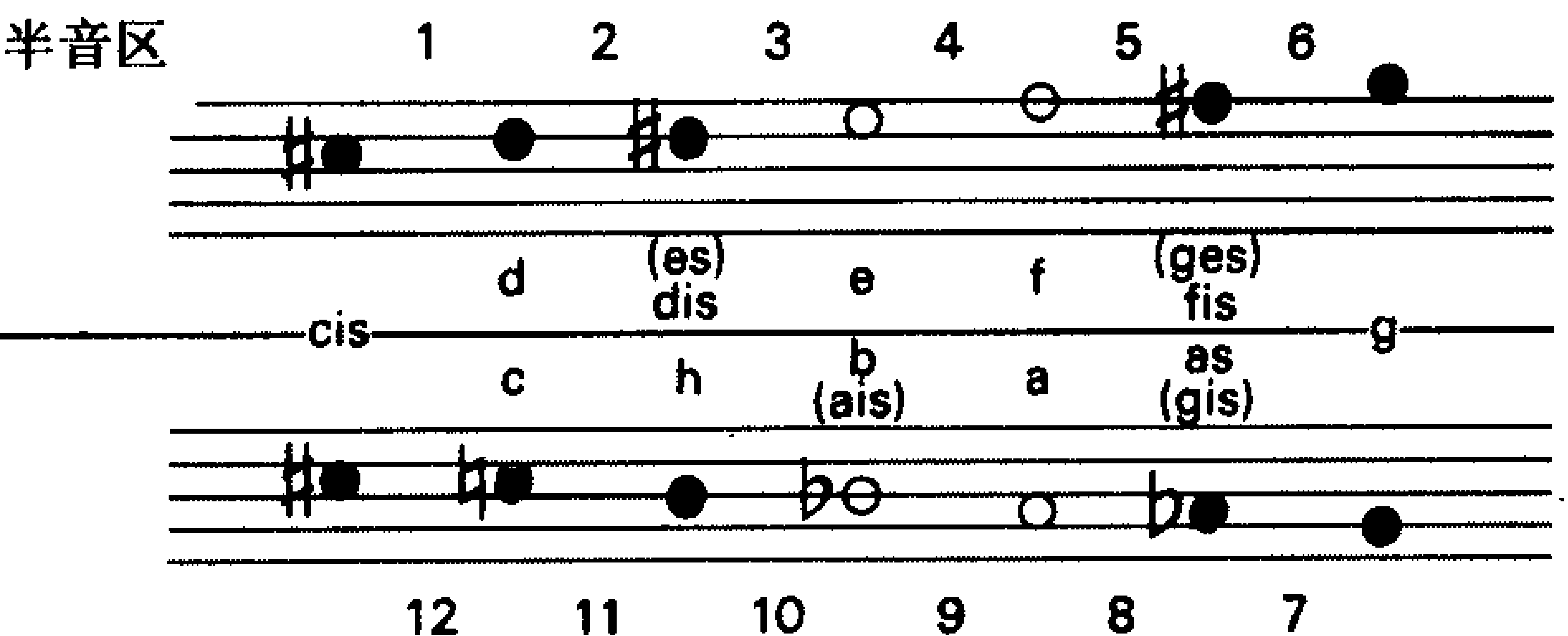


图67 什贝格系列的四个模型来自反射作用．在乐谱中由于半音区间不统一的写法，对称性并不是精确地体现了出来．因此，给不同的半音区（与始音相关）标上颜色，即对相同的音区（与方向无关）标上相同的颜色，这样，八度音中的十二个区间可以通过六个不同的颜色来表示．在这种表示中——它也可以用一个“珍珠游戏”的形式来实现——该系列的四种基本形式总是以图形和它的镜面像互相唯一确定的．对于什贝格来说，系列的始音调的平移可以从这十二个半音以及八度音中的任何一个自由地来选取．如果人们做出限制，即某种反射作用的运用是事先规定好的，那么从这个系列的始音和结束音之间的互相联系中就出现了新的对称关系，一般说来，这种关系限制了音乐中的无调性．这是因为回转中的蟹形并不与蟹形中的回转相同，事实上，系列的始音与末音是互相不同的．（分析古典音乐中对称作用的使用，约瑟福·色林镠[106]做过研究．）

兹·施道克豪森就是这样来组合音的高度和音长的,其中他把音长分为12个等份.

另一种组合的方式就是李格梯的"区域大小"法,即一个由音的强度和区间值的组合,它在音的图形上能够引起一定的模糊感.

前两个世纪的音乐主要是受到来自自然科学和数学领域思想的深刻影响.因此,在格约哥·李格梯的作品中,可以发现把"向量"作为一个系列的特征音区,或者在皮瑞·波来兹的第三钢琴曲中以"佛曼特"(Formant)作为一种选择方式来调换章节.于是就有了

【358】

- 随机形式:这是依据概率计算的分布规律,主要是由雅尼斯·夏纳克斯所创作的,或者
- 对策形式:这是与游戏理论相联系着的一种形式,或者
- 符号形式:从集合论和数学逻辑出发的一种形式,

仅仅从随机的因素来创作统计音乐,不用说要算约翰·克哥,在他的音乐中,根本就没有什么(旋律式的)系列.

没有游戏就没有艺术!没有规则就不成游戏!

皮瑞·波来兹——虽然完整地解释了"随机性"的音乐——明显地表明了自己与绝对无规则的音乐保持着距离:

> "作曲应有这样的责任,时刻都要准备一些新奇,让人们得到精美的享受,尽管有许多通常要担当的理智."

18.3 声调游戏

音乐家可能会不在意我们在前一节所做的有缺陷的描述.我们的用意是想把存在于艺术中的原理和规律的意义表现出来,在此,我们使用一个具体的例子是很有用的.

然而规则本身大概不是艺术作品的精髓. 力学还远远不是建筑学.游戏所产生的效应不仅仅是由于遵从于游戏规律.

偶然与必然的交替，如同一个艺术作品的创意一样是基本的，人们可以做出许多这样的实验，也可以用计算机来模拟.

一个有意义的实验是伊里诺斯大学的勒雅恩·阿·赫乐尔和勒欧纳得·伊里萨克森在1956年所作的.这个实验在一个有四个组曲的弦乐四重奏中，即伊里诺萨克组曲中，遭到了失败——伊里诺萨克组曲是以伊里诺斯大学计算机的名字来命名的——并在《实验音乐》这本著作中对这次实验作了详细的记载. 四项任务——这是由组曲的四个句子确定的——是由来自音乐界和数学界的专业人员组成的小组在实验中提出来的，它们是： 【359】

1.借助计算机，从一个随机的音调序列依据被简化了的多重奏规则，选出若干基本主旋律.

2.在主题问题解决之后，通过连续使用多重奏规则，将这些基本主旋律合成为正确的格来哥列圣歌旋律的句子.

3.应当显示出来的是，计算机作为现代作曲技术的助手是合理的，其中它能够系统地试验节奏结构和动态效果.

4.借助特殊的计算机程序，应该发现完全崭新的风格要素，并加以测试.

作为特别令人惊叹的是第二句所规定的试验. 从一个随机的十二音序列一步一步地按照多重奏的六十个不同的规则（大体上就是约翰·约瑟福·福克斯所给出的）来形成一个完整组成的音乐句子.

一系列完全类似的作曲游戏，都却有不同的目的，由胡博特·古博[108]用程序GEASCOP进行了试验. 这个名字的意思是：通用渐进作曲程序（General Asymptotic Composition Programm).

在这个音乐“创作实验”中,同样也是让乐谱首先从一个随机生成元来产生,然后让计算机按照自己所“学到”的规则来进行选择,最终加工成一个作曲.与赫勒的项目不同的是,在这里作曲的规则不是事先给定的.计算机首先得“学会”这些规则,即它能按照自己的程序,分析所要选择的音调关系和区间关系,这种程序控制下的音乐作品能够分解成一定长度的(可以相交的)音调序列和区间序列,对于所遇到的序列中下一个音调的概率分布是固定的,并将它存储在计算机中.

【360】

在十二个半音之基础上和忽视八度音的关系下,出现了1 728个三音序列,大约三百万的六音序列和几乎是十万亿的十二音序列. 在这些数字的计算中也包括了那些——什贝格在系列作曲中不允许的——音调重复.在古典音乐中,音调重复经常是由主题旋律来处理的.在佛朗兹·舒伯特的歌调《死亡与女孩》中,举例来说吧,歌唱主题的开始是六次重复主调音(d).

现在的问题是怎样来选择出一个有意义的序列长度 (数学家称它为“马尔可夫链的阶”).如果选择的很短,这样,计算机对有自我特性的作曲方式就学的很少.如果这个阶太大,那么一方面由此就出现一大堆不同形式的序列,而另一方面计算机在合成时也只能做一些抄袭.

如果计算机(就像大师们的学生一样)学的比较多,那么它就可以组合自己的音调序列. 而这一点是以对基础序列长度的分析为出发点的,这就是说,对每个音调序列,它按照自己所“学会”的概率表格选出一个接在这个序列后的音符. 按照这种方式——在充分长的组合作曲中——中间部分就出现一些相同的音调序列(具有所要寻找的长度),类似于模型组合作曲,但它却又是一种截然不同的序列.

现在还有本质上的一步,这是与程序的名字中所出现的“循序”一词的意思有关联的:计算机所“学到”的音调选择概率表的使用是由一个事先给定的数学函数来确定的.这样一来,某些音

调(或者音调序列),在开始时被随机地选中了,就会周期性的,并与它出现的频率相关联的进一步受到优待. 这种强化效果大概相当于一个(抽象的)主题处理.紧接着由计算机或多或少随机选出的序列就被“循环”地确定下来,然后,以一个由给定函数确定的方式经常地再度出现. 【361】

对于这种试验,艺术家和科学家的观点可归为以下两点:

1.计算机事实上能给艺术家很多的帮助, 它能允许他们来试验并由此来开辟新的方向. 对于里欧纳得·达·芬奇来说, 他肯定不会错失任何良机来让这个极为优秀的设备为自己服务的.

2.计算机只能实现那些人类通过程序赋给它的东西,它具有的功能是能够快速和系统地工作和有序化.然而,它不具有创造能力,不能代替艺术家的天赋.

作曲游戏,就像当今在自动机上作游戏一样,并不是我们这个时代的发明.

“巴斯坦·波路特,一个手工者的朋友,他按照古老的方式亲手制做了许多钢琴和它们的前身, 属于最有可能最早到达东方国家的人,在东方国家有这样的说法,他制做的小提琴能以古老的、自1800年以来被失传的方式,用高度弯曲的弓状物和手制的发弦来演奏. 皮路特以孩子们玩的数小球玩具为模型给自己制作了一个有十多个弦丝在里面的框架,用它,皮路特能把不同大小、形状和颜色的玻璃球排成一列.这些弦丝就像是线谱,玻璃珠就像是音符的值,等等,这样,他用玻璃珠就制做出了乐器,或者开拓了新的题材,他改变它,变换它,发展它,完善它并把它放在自己的对面位置.这里就涉及到技术问题,虽然这是一种游戏,但是,学

生喜欢它,并模仿它,作为一种时髦,在英格兰,有一段时间,这种音乐练习游戏还以原始的优雅方式来进行.像经常出现的现象一样,在这里,这种延续了长时间且非常有意义的乐器也是由过去不足重要的东西赢得了它的名誉.这种由那些讨论班上成员所做的游戏和由皮路特制做的带有玻璃珠和弦丝的东西及其演变物至今还冠以民间流传着的名字玻璃珠游戏.

【362】

不足二、三十年之后,这种游戏似乎在音乐系的学生中颇受冷落,然而数学家似乎继续着这种游戏,在一段很长的时间里,这个成为游戏历史中有代表意义的一步.那些由当时的科学给以装备和应用以及做了进一步完善的游戏在当时的兴旺,就像是在经历一个复兴时代."

海尔曼·海斯[3]在这里所作的报道是一个历史的真实事实. 1793年就出现了胡模在柏林和阿姆斯特丹“用四种语言加上引导,用两个骰子来作华尔兹舞曲和圆舞曲以及康德舞曲,”1806年同样的游戏作为“莫扎特音乐游戏”出现,这是装饰在一个漂亮的盒子里,表明里面有一个容易的体系来谱写无数多的华尔兹,回旋律,角笛舞曲和摇滚曲,它是由威特斯顿在伦敦表演的. 沃尔夫·阿玛得·莫扎特是作为这个游戏的最初发现者,原因是在所发现的草稿纸上至少可以看出,他自己对这样的游戏*非常着迷. 音乐大师还把这种谱曲游戏与约瑟福·海登、卡尔·飞利浦、艾玛诺麦·巴赫联系在一起.事实可能是由于1783年在柏林,约翰·飞利浦·肯贝格发表“艾尔莫奏鸣曲方法论”.

这个游戏主要说明的是什么呢?根据肯贝格的方法,人们首先要使用一个已知作品的普通低音部作为开始,然后再去发现新的旋律,它尽管有和声的多样性但却不产生任何困难. 之后,

* 参看Köchel文献附录中的第294号d.

ANLEITUNG.

Contre-Tänze, oder Anglaifes, mit 2 Würfeln zu componiren, ohne Muficalifch zu feyn, noch etwas von der Compofition zu verftehen.

1) Die grofsen Buchftaben A, bis H, welche über den 8. Colonnen der Zahlentafeln ftehen; zeigen die 8. Tackte eines jeden Theils des Tanzes an. z. E. A, den erften; B, den zweiten; C, den dritten; u.f.w. und die Zahlen in der Colonne darunter, zeigen die Nummer des Tackts in den Noten.

2. Die Zahlen von 2. bis 12. geben die Summe der Zahl an, welche man mit zwei Würfeln werfen kann.

3 Man wirft alfo z. E. für den erften Tackt des erften Theils des Tanzes mit 2. Würfeln 6. und fucht neben der Zahl 6. in der Colonne A, die Nummer des Tackts 105. in der Mufiktafel, Diefen Tackt fchreibt man aus und hat alfo den Anfang des Tanzes. Nun wirft man für den zweiten Tackt z. E. 8. fucht neben 8 unter B, und findet 81. in der Mufiktafel. Diefen Tackt fchreibt man nun zum erften; und fo fährt man fort, bis man nach 8 Würfen den erften Theil des Tanzes fertig hat. Dann fetzt man das Repetitionszeichen und geht zum zweiten Theile über.

图68 这个图再次给出了一个由沃尔夫·阿玛得·莫扎特所写的骰子音乐游戏的规则,它具有非常简单的自然性.比如说,它不考虑在使用两个骰子时,2和12是以不同的频率出现的.因此,人们可以把这个“音乐表”从一开始就这样来设计,使得那些经常被使用的元素位于2和12这两个数中间,因为这些数最容易投掷出来.对于已选出的音调序列的某种组合,人们可以投骰子来选取区间,然后根据艾莫尔或者福克斯所给的规则来进行编排.这样,人们就一点一点地进入了课文中所描述的计算机作曲状态.同样在这里人们也可以把它变成大师,然而它必须是“音乐的”大师. 【363】

人们可以选取这个旋律并再次写进一个新的普通低音，同时人们也可以改变音调方式,可能的话也改变节律,最后所完成的是一个新的作曲,因此,人们看不出与原来的曲子有任何的相似之处.

这个当然不是正确的"游戏".然而,人们很快自己也会走到【364】这一步,从不同的音乐作品中来草拟主旋律和段落(见图68).为此,当然人们要弄清游戏规则,它使人们能把单一的部分用一些聪明的方式再次互相拼在一起.(肯贝格在此推荐佛朗西斯科·哥米尼亚斯的《和声字典》,阿姆斯特丹,1756.)这种方法与前面所描写的作曲程序的类似之处是明显的.

事实上,即使在这种情况所涉及的也是同一种方式的"玻璃珠游戏",这一点我们多次进行了描述.玻璃珠可以根据不同的颜色代表不同的音区，并且根据艾莫尔的规则——或者什贝格的规则——让它们变成玻璃珠串.

因此,呈现在我们面前仅是一个RNS-游戏或者一个语言游戏的变形,它能模拟"信息的形成".究竟是哪一种形式的信息,这只与规则的性质有关,它是人们决定游戏的关键.遗传的、语言的、或者是美学的信息——它们在个体上可以是任意的不相同——都是依据选择赋值的泛原理来形成的. 谁能说其中的哪些规则是更为复杂的呢？物理学的力学规则和化学的反应表构成了分子语言的基础,并由此把遗传码推向前进.然而从RNS-分子到真正的"进化艺术品"、到昆虫、到鱼、鸟、哺乳动物以及最终到人类是一条漫长的路子，即便是从莫扎特的投骰子音乐游戏一直到他的弥撒曲也不是小小的一步.【365】

18.4 艺术与真实性

(这是一些对话的合成,实际上从没有发生过.)

特欧多·阿道诺:

"归根到底,艺术作品是神秘的,如果按它的真正内容,而不是按它的组成来评论的话.艺术作品的真实内容是对每个个体神秘性的客观解释.在这里所要的答案指出了真正内容.它只能通过哲学的反射来获得.这一点,也只能是这一点,它造就了美学."

沙莫艾·拜克特:

"如果用哲学的概念来表达我小说中的情景,那么我就没有什么理由去写它了."

特欧多·阿道诺:

"伟大的艺术家,寓言王子歌德,还有同样有名的拜克特,如果不愿意去解文释意,那么唯一能强调的是真正内容与作家的意愿之间的差别.这些作品具有最高的等级,等待着对它们的解释."

托玛斯·曼:

"新的'真实'体验,对艺术家来说就意味着新的游戏魅力和表达可能性,除此之外,再无它意.艺术家对它们的相信程度正好是要最大限度地表现它们,从而得到最深刻的印象所要求的是一样的多——他们认真的程度也同样与所要求的认真程度是一样的多,因此,对艺术家来说,这是很认真的,带着泪水般的认真——然而这并不是完全的,甚至一点也不完全.他们在艺术上的认真是对'游戏的认真'和绝对自然的认真.他们在精神上是不绝对的,因为他们只是对游戏的目的是认真的."

特欧多·阿道诺:

“游戏在艺术上从一开始就是有规则的,它完全渗透到了模仿意义中表现的禁区;只要艺术在那里存在着,那么表现在这里就不是什么不平常的事.在复杂性上,游戏与运气相伴行,运气代表着神秘的责任,它总想摆脱艺术.在形式上,像血液的脉冲跳动,人们乐于用它来作为跳舞的节奏形式,但是压抑的一方面也是显而易见的.”

【366】

约翰·惠森嘎:

“就文学的实质而言,我们认为游戏元素是那样坚实的固定了下来,并且诗的每个形式也都表明是那样紧密地与游戏的结构相联系,以致于这种内在的联系简直就可以用不可解脱来形容,并且在这种联系中,游戏和诗歌这两个字几乎面临着要失各自的意思.同样的,在游戏与音乐联系的更高层次上也是如此的.”

特欧多·阿道诺:

“惠森嘎的论断原则上不能说服艺术的确定取决于它的起源这种批评的,但他的论点仍然还有真实的一面和不真实的一面.如果人们把游戏的概念像他那样抽象化,那么他就没有什么特定的东西可称呼了,而只有行为方式了,而这个也总是与自身所具的实践离得远远的.在他面前的,就好像艺术游戏的时刻是实践的模仿,比要出现的高级层次高得多.”

约翰·惠森嘎：

“游戏位于实际生活的理性之外，是实际生活所需要的吃喝空间之外的. 这一点也是音乐表现和音乐形式所做的. 游戏在理智、责任和真理的准则之外有它的有效性.”

历史学家：

“人们可以分析和推断艺术所用的手段，但不能是艺术作品自身. 人们能够在艺术作品中找到这种手段的痕迹. 艺术作品的真实性只能在艺术家的现实中去寻找. 创造不是可模仿的，并且艺术作品是大自然创意游戏的永恒反映. 它要求艺术家永不满足、如同游戏一般地熟练掌握这种手段.”

【367】

文献：特欧多·阿道诺[109]，S·铎克特[110]，托玛斯·曼[111]，J·惠森嘎[2].

致谢

在这本书的内容形成过程中，我们得到了许多朋友和同行的帮助.对此,我们在此想表示衷心的感谢.

我们的图片是马克斯·培乌兹教授,考阿德·罗伦兹教授(他在一次讨论中,自愿地给我们亲手画了一些草样)以及本诺·海斯教授(他把自己的实验给我们进行了演示)友好地提供的.对于插图的原始资料都在相应的图下面作了说明.皮特·瑞希特博士一起与兰西·威廉姆斯和本特·莫根艾叶用计算机模拟了一系列玻璃珠游戏. 从大量的结果中我们才认出了那些典型的游戏过程.

对于离我们不太近的工作领域中的专业咨询，我们得到了莫根斯·什欧教授（锂—治疗法），特欧多·务波斯教授(Joyce——翻译),瓦尔特·测莫利教授(古典圣经),阿德·色特乌斯博士(阿拉伯法典)和卡尔·伏特勒博士(音乐文献)的帮助.同样也得到了与我们离得很近的专业领域像物理、化学、生物领域的同事们的有益建议,如奥图·克奥依兹帅特教授,汉斯·佛奥帅特教授,安恩斯特·乌赫教授,安卡特·斯吕格教授,皮特·什乌斯特教授和克劳斯·威博教授.我们还记得带着笑声听到的许多有深刻意义的轶事，这些是我们的朋友施诺尔·李福森教授,大卫·纳赫曼松教授和查理斯·外斯曼教授讲给我们的，其中的一些已写进了我们书中的章节.“关于中枢神经信息处理”这个题目，许多令人鼓舞的事是我们从佛朗西斯·奥图·斯米特教授在

波士顿的麻省工学院多年定期举行的关于新兴科学项目的“Workshop”中得到的.

最后但也是同等重要的是我们要感谢我们的那些朋友,他【369】们阅读了印发前的全部手稿，并明确地指出了文中的一些不清楚之处.他们是汉斯·佛奥帅特教授,汉斯·海尔劳福·英侯芬教授,克劳斯·奥斯法梯什教授,皮特·什乌斯特教授以及瑞纳特·比莫女士和佛里得·埃格博士,威廉姆·佛斯特博士,皮特·马克尔博士,皮特·瑞希特博士和汉斯·玉斯纳博士.

埃娣·E·诺伊曼小姐做了很辛苦的工作，整个文稿的打印和校对都是她做的.汉斯·波拉耐兹为这本书的形成也做了非常多的服务.【370】

参考文献

1 SCHILLER, F. v.: ›Über die ästhetische Erziehung des Menschen‹ in einer Reihe von Briefen 1793/94. Philosophische und kritische Schriften.

2 HUIZINGA, J.: ›Homo Ludens‹. Vom Ursprung der Kultur im Spiel. Rowohlt Taschenbuch Verlag, Hamburg 1956.

3 HESSE, H.: ›Das Glasperlenspiel‹. Fretz u. Wachsmuth Verlag, Zürich 1943.

4 FUCHS, W. R.: ›Knaurs Buch der Denkmaschinen‹. Informationstheorie und Kybernetik, Droemer-Knaur, Droemersche Verlagsanstalt Th. Knaur Nachfolger, München/Zürich 1968.

5 NEUMANN, J. v. und O. MORGENSTERN: ›Theory of Games und Economic Behaviour‹. University Press, Princeton 1963.

6 HASSENSTEIN, B.: ›Bedingungen für Lernprozesse-teleonomisch gesehen‹ (S. 289); in: ›Informatik‹, Herausgeber Joachim Hermann Scharf. Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1972.

7 FEYNMAN, R., R. B. LEIGHTON und M. SANDS: ›The Feynman Lectures on Physics‹. Addison-Wesley Publishing Comp., New York 1963.

8 POPPER, K. R.: ›Logik der Forschung‹, 5. Auflage. J. C. B. Mohr (Paul Siebeck), Tübingen 1973.

9 WITTGENSTEIN, L.: ›Tractatus Logico-Philosophicus‹. Routledge and Kegan Paul Ltd., London 1922.

10 BORN, M.: "Albert Einstein-Max Born. Briefwechsel 1916–1955." Nymphenburger Verlag, München 1969.

11 MACAN, T.T.: ›Self-Controls on Population Size‹. New Scientist, Vol. 28, No. 474(S. 801–803), 1965.

12 DARWIN, C.: ›The Origin of Species‹. Neuauflage: Crowell-Collier

Publishing Comp., Toronto/Ontario 1962.

13 SPIEGELMANN, S.: ›The Neurosciences‹, 2nd Study Program (Editor F. O. Schmitt). The Rockefeller University Press, New York 1970.

14 EIGEN, M. und R. WINKLER: ›Ludus Vitalis‹. Mannheimer Forum 73/74. Studienreihe Boehringer, Mannheim 1973.

15 SAMBURSKY, S.: ›Das Physikalische Weltbild der Antike‹. Artemis Verlag, Zürich/Stuttgart 1965.

16 LANDAU, L. D. und E. M. LIFSCHITZ: ›Statistical Physics‹.[Bd. ∫des》Course of Theorctical Physics‹]. Pergamon Press, London/Paris 1959.

17 PERUTZ, M.: ›Röntgenanalyse des Hämoglobins‹. Les Prix Nobel en 1962. Imprimerie Royale P.A. Norstedt & Söner, Stockholm 1963.

18 KLUG, A.: ›Assembly of Tobacco Mosaic Virus‹. Fed. Proc. Vol. 31,30, 1972.

19 GOETHE, J. W. v.: ›Schriften zur vergleichenden Anatomie, zur Zoologie und Physiognomik ‹. dtv Gesamtausgabe 37. Deutscher Taschenbuch Verlag, München 1962.

20 EDELMANN, G.: ›Antibody Structure and Molecular Immunology‹ (S. 144). Les Prix Nobel en 1972. Imprimerie Royale P. A. Norstedt & Söner, Stock-holm 1973.

21 GIERER, A.: ›Hydra as a Model for the Development of Biological Form‹ (S.44-54). Scientific American, Dez. 1974.

22 GOETHE, J. W. v.: ›Die Wahlverwandtschaften‹.

23 CARTER, H.: ›Tut-ench-Amun‹. Ein ägyptisches Königsgrab, Bd. I-II, F. A. Brockhaus, Leipzig 1934.

24 ADAM, G. und M. DELBRÜCK: ›Reduction of Dimensionality in Biological Diffusion Processes‹ (S. 198); in: ›Structural Chemistry and Molecular Biology‹; Editors: N. Davidson and A. Rich. W. H. Freeman, San Francisco 1968.

25 SCHNEIDER, D.: ›Kommunikation mit chemischen Signalen‹, im Jahrbuch der Max-Planck-Gesellschaft 1975.

26 GLANSDORFF, P. und I. PRIGOGINE: ›Structure, Stability and Fluctuations‹. Wiley Interscience, London/New York/Sydney/Toronto 1971.

27 THOM, R.: ›Stabilité Structurelle et Morphogénèse ‹. Essai d'une théorie générale des modèles. W. A. Benjamin, Inc., Reading/Mass. 1972.

28 HESS, B.: ›Ernährung-Ein Organisationsproblem der biologischen Energieumwandlung‹, im Jahrbuch der Max-Planck-Gesellschaft 1974.
29 GERISCH, G.: ›Periodische Signale steuern Musterbildung in Zellverbänden‹. Naturwissenschaften 58 (S. 430–438), 1971.
30a WILSON, H. R. und J. D. COWAN: ›A Mathematical Theory of the Functional Dynamics of Cortical and Thalamic Nervous Tissue ‹. Kybernetik 13 (S. 55–80), 1973.
30b MALSBURG, CH. V. D.: ›Self-Organization of Orientation Sensitive Cells in the Striate Cortex‹. Kybernetik 14 (S. 85–100), 1973.
31 KÖHLER, W.: ›Die Aufgabe der Gestaltspsychologie ‹. Walter de Gruyter, Berlin/New York 1971.
32 HEISENBERG, W.: ›Die Plancksche Entdeckung und die philosophischen Grundfragen der Atomlehre ‹; in: ›Schritte über Grenzen‹. R. Piper & Co. Verlag, München 1971.
HEISENBERG, W.: ›Der Begriff der kleinsten Teilchen in der Entwicklung der Naturwissenschaft ‹. Sonderbeitrag in Meyers Enzyklopädischem Lexikon, Bibliographisches Institut Wien/Zürich/Mannheim 1974.
33 MANN, TH.: ›Der Zauberberg‹. S. Fischer Verlag, Berlin 1924.
34 WEYL, H.: ›Symmetry‹. Princeton University Press, 1952.
35 PLATON: ›Timaios‹ (20). Übersetzung von Hieronymus Müller, Bezifferung nach Henricus Stephanus (Paris 1578); s. Sämtliche Werke, Rowohlt Taschenbuch Verlag, Hamburg 1959.
36 FRAUENFELDER, H. und E. M. HENLEY: ›Subatomic Physics‹. Prentice Hall, Inc., Englewood Cliff/N. J. 1974.
37 DICKERSON, R. E. and I. GEIS: ›The Structure and Action of Proteins ‹. Harper & Row publishers, New York/Evanston/London 1969.
38 MENNINGER, K.: ›Ali Baba und die neununddreißig Kamele‹, 9. Auflage. Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen 1964.
39 SPENDER, S.: ›Das Jahr der jungen Rebellen‹. New York-Paris-Prag-Berlin. R. Piper & Co. Verlag, München 1969.
40 RUCH, E.: ›Algebraic Aspects of the Chirality Phenomenon in Chemistry‹. Accounts of the chemical research, Vol. 5, 1972.
41 SHANNON, C. E. und W. WEAVER: ›The Mathematical Theory of Communication‹. University of Illinois Press, Urbana/Chicago/London 1971.
42 BRILLOUIN, L.: ›Science and Information Theory‹. Academic Press,

New York 1962.
43 MOLES, A. A.: ›Informationstheorie der ästhetischen Wahrnehmung‹. Verlag M. DuMont Schauberg, Köln 1971.
44 SCHOPENHAUER, A.: ›Parerga und Paralipomena ‹ (5. Band). Schopenhauers sämtliche Werke in 5 Bänden (1788—1860). Kleine philosophische Schriften, 2 Teile. Insel-Verlag, Leipzig o. J.
45 ONSAGER, L.: ›The Motions of Ions: Principles and Concepts‹ (S. 169). Les Prix Nobel en 1968. Imprimerie Royale P. A. Norstedt & Söner, Stockholm 1969.
46 MEIXNER, J.: ›Die thermodynamische Theorie der Relaxationserscheinungen und ihr Zusammenhang mit der Nachwirkungstheorie‹ (S. 3). Kolloid Zeitschrift, 134, 1953.
47 HUND, F.: ›Grundbegriffe der Physik‹. Bibliographisches Institut, Wien/Zürich/Mannheim 1969.
48 PRIGOGINE, I.: ›Time, Irreversibility and Structure‹ (S. 561); in: ›The Physicists Conception of Nature‹. Vorträge zum 70. Geburtstag von Paul Dirac, Editor: J. Mehra. D. Reidel Publishing, Dordrecht, Holland/Boston, USA 1973.
49 RHIM, W. K., A. PINES und J. S. WAUGH: Phys. Rev. B 3 (S. 864), 1971.
50 WEIZSÄCKER, C. F. v.: ›Information und Evolution‹ (S. 531); in: ›Informatik‹, Herausgeber Joachim-Hermann Scharf. Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1972.
51 SCHRÖDINGER, E.: ›Was ist Leben? ‹ Leo Lehnen Verlag, München 1951.
52 MONOD, J.: ›Zufall und Notwendigkeit‹. R. Piper & Co. Verlag, München 1971.
53 JACOB, F.: ›Die Logik des Lebenden‹. S. Fischer Verlag, Frankfurt am Main 1972.
54 CRICK, F.: ›Of Molecules and Men‹. University of Washington Press, Seattle/London 1966.
55 CAMPBELL, H. J.: ›Der Irrtum mit der Seele‹. (Original: ›The Pleasure Areas‹). Scherz Verlag, München/Wien 1973.
56 SARTRE, J.-P.: ›Drei Essays‹, (Buch Nr. 304), Verlag Ullstein, Frankfurt am Main/Berlin/Wien 1973.
57 Monod, J.: ›L'évolution microscopique ‹. Vortragsbericht ›Neue Zürcher Zeitung‹, 19.2.1975.
58 BOLLNOW, O. F.: ›Existenzphilosophie und Pädagogik ‹. W.

Kohlhammer Verlag, Stuttgart 1959.
59 EIGEN, M.: ›Selforganization of Matter and the Evolution of Biological Macromolecules‹. Naturwissenschaften 58 (S. 465–522), 1971.
60 RAPHAEL, M.: ›Theorie des geistigen Schaffens auf marxistischer Grundlage‹. S. Fischer Verlag, Frankfurt am Main 1974.
61 DÜRRENMATT, F.: ›Die Physiker‹. Peter Schifferli Verlags AG, Die Arche, Zürich 1962.
62 GURDON, J. B. und J. BERTRAND: ›Transplanted Nuclei and Cell Differentiation‹. Scientific American (S. 24–35), Juni 1968.
63 STENT, G.: ›The Dilemma of Science and Morals‹. Genetics 78 (S. 41–51), 1974.
64 COHEN, S. N.: ›The Manipulation of Genes‹. Scientific American, Juli 1975.
65 BERG, P., D. BALTIMORE, H. W. BOYER, S. N. COHEN, R. W. DAVIS, D. S. HOGNESS, D. NATHANS, R. ROBLIN, J. D. WATSON, S. WEISSMANN und N. D. ZINDER: ›Potential Biohazards of Recombinant DNA Molecules‹. Science 185 (S. 332), 1974.
66 The Ashby report on ›Experimental Manipulation of the Genetic Composition of Microorganisms ‹. Bericht einer Unterhauskommission unter Leitung von Lord Ashby (HMSO Cmnd 5880), 1975.
67 GARDNER, M.: ›Mathematical Games‹. Scientific American, Okt. 1970 und Febr. 1971.
68 HIRSCH, E. C.: ›Das Ende aller Gottesbeweise‹. Stundenbücher, Furche Verlag, Hamburg 1975.
69 PICHT, G.: ›Wahrheit, Vernunft, Verantwortung‹. Philosophische Studien. Klett Verlag, Stuttgart 1969.
70 RECHENBERG, I.: ›Evolutionsstrategie‹. problemata frommann-holzboog. Friedrich Frommann Verlag (Günther Holzboog KG), Stuttgart-Bad Cannstatt 1973.
71 DEMENY, P.: ›The Populations of the Underdeveloped Countries‹. Scientific American (S. 149), Sept. 1974.
72 WESTOFF, C. F.: ›The Population of Developed Countries‹. Scientific American (S. 109), Sept. 1974.
73 MEADOWS, D. L. und D. H. MEADOWS: ›Das globale Gleichgewicht. Modellstudien zur Wachstumskrise‹. dva ›Öffentliche Wissenschaft‹. Deutsche Verlagsanstalt, Stuttgart 1974.
74 SAMUELSON, P. A.: ›Maximum Principles in Analytical Economics‹ (S. 273). Les Prix Nobel en 1970. Imprimerie Royale P. A. Norstedt

& Söner, Stockholm 1971.

75 MESAROVIC, M. und E. PESTEL: ›Menschheit am Wendepunkt‹. 2. Bericht an den Club of Rome zur Weltlage. Deutsche Verlagsanstalt, Stuttgart 1974.

76 HARTMANN, N.: ›Der Aufbau der realen Welt‹. Walter de Gruyter, Berlin/New York 1964.

77 LORENZ, K.: ›Die Rückseite des Spiegels‹. R. Piper & Co. Verlag, München 1973.

78 POPPER, K.: ›Objektive Erkenntnis ‹. Ein evolutionärer Entwurf. Verlag Hoffmann und Campe, Hamburg 1971.

79 ECCLES, J. C.: ›Das Gehirn des Menschen‹, R. Piper & Co. Verlag, München 1975.

80 CHARDIN, T. DE: ›Der Mensch im Kosmos‹. Verlag C. H. Beck, München 1959.

81 HABERMAS, J.: ›Erkenntnis und Interesse ‹. Suhrkamp Verlag, Frankfurt am Main 1968.

82 KREUTZER, E.: ›Sprache und Spiel im Ulysses von James joyce‹. H. Bouvier u. Co. Verlag, Bonn 1969.

83 JOYCE, J.: ›Finnegan's Wake‹. Faber, London.

84 MOULTON, W. G.: ›The Nature of Language‹; in: ›Language as a Human Problem ‹. Daedalus, Journal of the American Academy of Arts and Sciences, Summer 1973.

85 FUCKS, W.: ›Nach allen Regeln der Kunst ‹. Deutsche Verlagsanstalt, Stuttgart 1968.

86 CHOMSKY, N.: ›Aspekte der Syntax-Theorie‹. suhrkamp taschenbuch wissenschaft 42. Suhrkamp Verlag, Frankfurt am Main/Akademie Verlag, Berlin 1969.

87 LENNEBERG, E.: ›Biological Foundations of Language‹. John Wiley & Sons, New York 1967.

88 TARSKI, A.: ›Einführung in die mathematische Logik‹. Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen 1966.4. Auflage 1971.

89 WEIZSÄCKER, C. F. v.: ›Die Einheit der Natur‹. Carl Hanser Verlag, München 1971.

90 BOGEN, H. J.: ›Knaurs Buch der modernen Biologie‹. Droemersche Verlagsanstalt Th. Knaur Nachfolger, München/Zürich 1967.

91 BRESCH, C. und R. HAUSMANN: ›Klassische und molekulare Genetik‹. Zweite, erweiterte Auflage, Springer Verlag, Berlin/Heidelberg/New York 1970.

92 EIGEN, M.: ›Leben‹. Sonderbeitrag in Meyers Enzyklopädischem Lexikon. Bibliographisches Institut, Wien/Zürich/Mannheim 1975.
93 JERNE, N. K.: ›The Immune System. A Web of V-domains‹. The Harvey Lectures, Serie 70. Academic Press, New York 1975.
94 BODIAN, D.: The Neurosciences, A Study Program, Editors: G. C. Quarton, Th. Melnechuck, F. O. Schmitt. The Rockefeller University Press, New York 1967.
95 HARTLINE, H. K.: ›Visual Receptors and Retinal Interaction‹ (S. 242). Les Prix Nobel en 1967. Imprimerie Royale P. A. Norstedt & Söner, Stockholm 1969.
96 REICHARDT, W.: ›Nervous Processing of Sensory Information‹; in: ›Theoretical and Mathematical Biology‹ (S. 344–370), Editors: Th. Waterman and H. J. Morowitz. Blaisdell Publishing Comp., New York 1965.
97 PLUTARCH: Theseus und Romulus; in: ›Große Griechen und Römer‹. Band I, Die Bibliothek der alten Welt. Artemis Verlag, Zürich/Stuttgart 1954.
98 LIETZMANN, W.: ›Lustiges und Merkwürdiges von Zahlen und Formen‹. Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen 1950.
99 DRAKE, S.: ›Galileo's Discovery of the Law of Free Fall‹. Scientific American (S. 84–94), May 1973.
100 ›The Neurobiology of Lithium‹. Bericht über eine Arbeitssitzung des Neurosciences Research Program. N. R. P. Bulletin, 1975.
101 BIRKHOFF, G.: ›A Mathematical Approach to Aesthetics‹. Scientia (S. 133–146), Sept. 1931.
102 RAMEAU, J. P.: ›Traité de l'harmonie‹. Jean-Baptiste-Christophe Ballard, Paris 1722. Übersetzt ins Englische von Philip Gossett. Dover Publications, Inc., New York 1971.
103 STEPHAN, R.: ›Neue Musik‹. Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen 1958.
104 MCHOSE, A. I.: ›Basic Principles of the Technique of 18th and 19th Century Composition‹. Appleton-Century-Crofts, Inc., New York 1951.
105 BLOCH, E.: ›Geist der Utopie‹ (Fassung: 1923). Suhrkamp Verlag, Frankfurt am Main 1964.
106 SCHILLINGER, J.: ›The Mathematical Basis of the Arts‹. Philosophical Library, New York 1948.
107 HILLER jr., L. A. und L. M. ISAACSON: ›Experimental Music‹

(composition with an electronic computer). McGraw Hill Book Comp., Inc., New York/Toronto/London 1959.

108 KUPPER, H.: ›GEASCOP-ein Kompositionsprogramm‹; in: ›Informatik‹ (S. 629), Herausgeber: Joachim Hermann Scharf. Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1972.

109 ADORNO, TH. W.: ›Ästhetische Theorie‹. suhrkamp taschenbuch wissenschaft 2. Suhrkamp Verlag, Frankfurt am Main 1970.

110 D'AUBARÈDE, G.: ›En attendant Beckett‹ (S.7); in: Nouvelles littéraires, 16.2.1961.

111 HEFTRICH, E.: ›Zauberbergmusik‹ (über Thomas Mann); in: Das Abendland, Folge 7. Vittorio Klostermann, Frankfurt am Main 1975.

人名索引

名 词 索 引

关于本书

游戏是一个自然现象,它从一开始就依着于宇宙的运行:从物质的形成到它的有生结构的组织以至人们的社会行为. 游戏的基本元素——偶然性和规则性——决定了宇宙间所发生的每一件事.因此,自然规律便以游戏规则的形式抽象出来了.这使随机性的投骰子游戏,即基本事件发生的不确定性,有一个狭小的界限.在游戏中建立模型,得到信息,选择规则和完善规则也就显然地孕育而生了. 这就是哥廷根的生物化学家和诺贝尔奖获得者曼·艾根和他的女同行乌·文克勒所著的在世界上享有盛名的这本书的核心之处.

关 于 作 者



曼佛瑞德·艾根,1927年出生于波鸿,是哥廷根的马克·普朗克生物物理化学研究所教授并自1964年以来担任该所所长.1967年获化学诺贝尔奖,发表许多论文.



乌特德·文克勒——奥斯发梯什,生于1941年,女化学家,自1965年是曼·艾根一起工作的研究同事.